ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MAI 1908.

PRÉSIDENCE DE M. H. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur le planement stationnaire des oiseaux.*
Note de M. **Marcel Deprez.**

Dans une Note précédente (séance du 13 avril) j'ai montré qu'il est très facile d'expliquer le planement stationnaire des oiseaux grands voiliers et que, pour réaliser ce curieux phénomène, il suffit de satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° La somme des composantes verticales de la pression du vent sur le corps de l'oiseau et sur ses ailes doit être égale à son poids.

2° La somme des composantes horizontales de ladite pression, mesurée sur le corps de l'oiseau, doit être égale et de signe contraire à cette même somme mesurée sur les ailes, de façon que la somme algébrique de toutes les composantes horizontales appliquées à l'ensemble de l'oiseau (corps et ailes) soit nulle. Il résulte de cette condition que la somme des composantes horizontales appliquées aux ailes seulement doit être dirigée en sens contraire de la composante horizontale de la vitesse du vent.

J'ai montré que cette nécessité absolue d'admettre, pour expliquer le planement stationnaire, que les ailes immobiles de l'oiseau sont sollicitées par une force horizontale contraire à la direction du vent (comptée horizontalement), a pour conséquence que la direction du vent ne peut pas être horizontale ; elle doit être inclinée dans le sens ascendant.

J'ai annoncé que la courbure des ailes de l'oiseau facilitait beaucoup la production de la composante horizontale négative de la pression du vent et

que le calcul approximatif de cette composante (ainsi d'ailleurs que celui de la composante verticale) était relativement beaucoup plus facile qu'on ne pourrait le croire en présence de l'état rudimentaire de nos connaissances concernant les lois de l'action exercée par un fluide en mouvement sur une surface qui n'est pas normale à la direction des filets fluides, même quand cette surface est un simple plan.

D'ailleurs, à défaut des formules que j'ai établies et qui ne sont applicables, dans le cas d'une aile courbe, que lorsque le vent y entre presque tangentiellement, j'ai imaginé une méthode graphique qui montre immédiatement d'une façon saisissante combien il est facile d'obtenir, avec une aile concave, la force horizontale négative nécessaire à l'immobilisation de l'oiseau, et cela quelles que soient la direction et la vitesse des filets gazeux en chaque point de la surface de l'aile.

Voici maintenant quelques conséquences de ma théorie :

1° La vitesse du vent n'a aucune influence sur l'équilibre horizontal de l'oiseau, c'est-à-dire que l'équilibre horizontal, étant établi pour une vitesse donnée du vent, existe toujours si les ailes conservent leur position, lorsque la vitesse du vent vient à prendre une valeur différente. Mais il n'en est pas de même pour l'équilibre vertical.

2° La forme de la partie postérieure du corps de l'oiseau et de sa queue a pour conséquence le développement d'une force horizontale négative qui s'ajoute à celle des ailes.

3° L'inclinaison ascendante du vent nécessaire pour permettre le planement stationnaire est d'autant plus petite que la surface des ailes est plus grande par rapport à ce qu'on pourrait appeler le *maître couple* du corps de l'oiseau.

Enfin je puis dire en terminant que, après avoir prouvé l'existence de la composante horizontale négative à l'aide de l'appareil mentionné dans ma première Note (13 avril 1908), j'ai pu réaliser expérimentalement le planement stationnaire au moyen d'un autre appareil qui sera décrit dans une prochaine Communication.

M. **Gustav Retzius** fait hommage à l'Académie de plusieurs épreuves de photographies du monument érigé en l'honneur de Descartes, en 1770, par le roi Gustave III, dans l'église Adolphe-Frédéric, bâtie sur l'emplacement du cimetière où le philosophe français avait été inhumé en 1650.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. P.-W. Stuart-Menteath adresse un Mémoire intitulé : *Sur l'interprétation des charriages des Pyrénées.*

(Renvoi à l'examen de M. Michel Lévy.)

CORRESPONDANCE.

La Municipalité de la ville de Faenza invite l'Académie à se faire représenter aux Fêtes du trois-centième anniversaire de la naissance d'*Evangelista Torricelli,* qui auront lieu les 24 et 25 octobre 1908.

M. Jean Charcot annonce à l'Académie que le lancement du navire de l'Expédition française au pôle Sud aura lieu le 18 mai à Saint-Malo.

M. le Président général de l'Association des Médecins de langue française de l'Amérique du Nord invite l'Académie à prendre part au quatrième Congrès général qui se tiendra à Québec les 20-22 juillet 1908.

(Renvoi à la Section de Médecine et de Chirurgie.)

AÉRONAUTIQUE. — *Virage des aéroplanes.* Note de M. Paul Renard, présentée par M. H. Deslandres.

Lorsqu'un aéroplane parcourt avec une vitesse uniforme une trajectoire horizontale et rectiligne, il y a équilibre entre les quatre forces suivantes : la *traction* du propulseur, la *résistance* que l'air oppose à l'avancement de l'appareil, la *poussée* de bas en haut exercée par l'air sur les surfaces *sustentatrices,* et le *poids* de l'appareil.

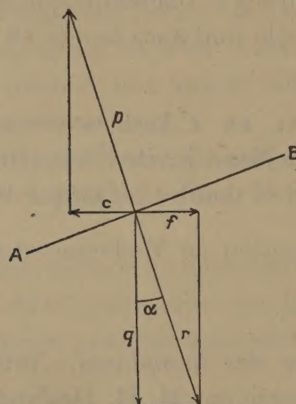
Les deux premières de ces forces sont horizontales, les deux dernières verticales, elles se font donc équilibre deux à deux.

La première de ces forces varie proportionnellement au carré de la vélocité du propulseur, la deuxième et la troisième sont proportionnelles au carré de la vitesse de translation. et la quatrième est constante.

Lorsque l'appareil suit une trajectoire curviligne, la force centrifuge intervient et, pour que l'aéroplane ne soit pas rejeté vers l'extérieur de la courbe, il faut qu'une force antagoniste annule les effets de la force centrifuge. La résistance que l'air oppose au déplacement latéral de l'appareil peut fournir cette force quand ce déplacement atteint une vitesse suffisante. Ce résultat est promptement obtenu lorsque la surface latérale est très développée comme dans les ballons dirigeables; mais il n'en est pas de même pour les aéroplanes, dont la surface latérale est très faible, et si l'on ne comptait que sur cet effet, les virages seraient pratiquement impossibles.

L'aviateur peut, au contraire, créer une force centripète en inclinant son appareil vers l'intérieur. Dans ces conditions, l'équilibre a lieu comme l'indique la figure, dans laquelle la ligne AB représente schématiquement l'intersection de la surface sustentatrice avec le plan de la figure; ce plan

Fig. 1.



est vertical et perpendiculaire à l'axe de l'aéroplane. Le poids est représenté en q, la force centrifuge en f, la résultante de ces deux forces en r; la poussée sustentatrice p est égale et directement opposée à la résultante r, et sa composante horizontale c doit être égale et directement opposée à la force centrifuge f. Si l'on désigne par α l'inclinaison de l'appareil ou, ce qui revient au même, l'angle des forces q et r, on a

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{f}{q}.$$

D'autre part, comme $f = \frac{qv^2}{g\rho}$ (ρ est le rayon de courbure de la trajec-

toire), on a

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{v^2}{g\rho}.$$

A chaque valeur de $\frac{v^2}{\rho}$ correspond une inclinaison déterminée. Si l'inclinaison donnée par l'aviateur est trop faible, l'aéroplane est rejeté vers l'extérieur; si elle est trop forte, il glisse vers l'intérieur. En fait, les aviateurs ne sont parvenus à exécuter des virages que lorsqu'ils sont arrivés instinctivement à incliner transversalement leurs aéroplanes de la quantité voulue.

Si, pour un aéroplane, à un virage donné correspond une inclinaison transversale déterminée, la réciproque est vraie. En effet, lorsque l'appareil marche en ligne droite, et qu'on vient à l'incliner transversalement, la poussée sustentatrice p cesse d'être verticale et sa composante horizontale c a pour effet de courber la trajectoire vers la gauche. Il en résulte immédiatement une force centrifuge d'abord plus faible que la composante c. La courbure va donc en s'accentuant et le régime permanent s'établit lorsque le rayon de courbure est tel que la force centrifuge soit égale à la composante horizontale de la poussée sustentatrice. Il ne serait donc pas nécessaire, à la rigueur, de munir les aéroplanes d'un gouvernail, l'inclinaison des surfaces sustentatrices suffirait pour leur faire exécuter les virages. Ce fait a été constaté par expérience, dès 1873, par le colonel, alors lieutenant, Charles Renard.

Nous avons dit qu'en marche rectiligne il y a équilibre entre le poids de l'appareil et la poussée sustentatrice. Lorsque l'appareil s'incline, la poussée change de direction mais conserve la même valeur si l'on n'augmente pas la vitesse. Elle restera donc toujours égale au poids q de l'appareil et se trouvera inférieure à la résultante r de ce poids et de la force centrifuge. Si l'on veut que l'équilibre se maintienne il est, par suite, nécessaire de forcer la vitesse pendant les virages. Or ce sera généralement impossible; la plupart du temps, en effet, les aéroplanes marcheront avec toute la vitesse dont ils sont capables. De plus, pour éviter une inclinaison transversale exagérée, on sera presque toujours conduit à modérer l'allure pendant les virages. La poussée p sera donc, en général, inférieure à la résultante r.

Par conséquent l'aéroplane ne décrira plus, dans ce cas, une trajectoire horizontale, mais une trajectoire à pente uniforme, comme ferait un aéroplane sans moteur de surface sustentatrice identique et ayant un poids égal à la différence entre la résultante r et la poussée p. Cette ligne à pente

uniforme sera une spirale conique tracée sur le cône décrit par la droite r autour de la verticale passant par le centre de courbure de la trajectoire.

En résumé, chaque virage d'un aéroplane nécessite que l'appareil s'incline transversalement d'une quantité donnée. De plus, il aura presque toujours pour effet d'abaisser la trajectoire. Les aviateurs devront donc, pour conserver en fin de virage leur altitude primitive, s'élever avant d'entrer en courbe.

Les considérations qui précèdent fournissent une explication des difficultés éprouvées par les aviateurs pendant leurs virages et de certains accidents survenus au cours de leur exécution.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le profil des masses polaires de dynamos.* Note de M. **Paul Girault**, présentée par M. Mascart.

Nous nous proposons de trouver le profil des masses polaires donnant le minimum de courants de Foucault à la périphérie de l'induit pour un flux Φ déterminé issu de chaque masse.

Les abscisses x expriment les longueurs prises à la périphérie développée de l'induit à partir d'une origine correspondant au milieu d'un intervalle polaire; les inductions dans l'entrefer sont désignées par $y = \mathrm{B}$, les longueurs d'entrefer simple correspondantes par δ.

l étant la longueur de la masse parallèlement à l'axe de rotation et x_1 l'abscisse correspondant au milieu de la masse, la condition de flux constant s'exprime par

$$\Phi = 2l\int_0^{x_1} y\,dx. \tag{1}$$

La perte par courants de Foucault dans un élément de la périphérie de l'induit passant de o à $2x_1$ est

$$\mathrm{W} = 2k\int_0^{x_1}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx,$$

en désignant par k une constante.

Nous cherchons la fonction y rendant $\frac{\mathrm{W}}{2k}$ minimum tout en respectant la condition (1).

Pour cela, nous faisons subir à y une variation δy; il en résulte pour $\frac{\mathrm{W}}{2k}$ (en négli-

geant un infiniment petit d'ordre supérieur) une variation

$$\delta \frac{W}{2k} = 2\int_0^{x_1} \frac{dy}{dx}\frac{d\delta y}{dx}\,dx.$$

Intégrant par partie,

$$\delta \frac{W}{2k} = 2\left(\frac{dy}{dx}\delta y\right)_0^{x_1} - 2\int_0^{x_1} \frac{d^2y}{dx^2}\delta y\,dx.$$

Le premier terme du second membre est nul à la fois pour $x = 0$ (puisque alors $y = 0$) et pour $x = x_1\left(\text{puisque alors, } y \text{ étant maximum, } \frac{dy}{dx} = 0\right)$. Il reste donc

$$\delta \frac{W}{2K} = -2\int_0^{x_1} \frac{d^2y}{dx^2}\delta y\,dx.$$

La perte sera minimum lorsque sa variation sera nulle, c'est-à-dire pour

(2) $$\int \frac{d^2y}{dx^2}\delta y\,dx = 0.$$

Mais de l'équation de liaison (1) il résulte que, Φ étant constant, sa variation est nulle

(3) $$\int \delta y\,dx = 0.$$

Et l'on voit aussitôt que la condition (2) est satisfaite, puisqu'elle se ramène alors à (3), si

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \lambda,$$

λ étant une constante.

Intégrant, en tenant compte de ce que

$$y = 0 \quad \text{pour} \quad x = 0$$

et que

$$\frac{dy}{dx} = 0 \quad \text{pour} \quad x = x_1,$$

on obtient

$$y = B = \frac{3\Phi}{2 l x_1}\frac{x}{x_1}\left(1 - \frac{x}{2x_1}\right).$$

Or, si nous désignons par B_{moy} l'induction constante qui procurerait le même flux Φ pour une longueur constante d'entrefer Δ et la même force magnétomotrice d'entrefer F_e, nous obtiendrons

(4) $$\frac{B}{B_{moy}} = 3z\left(1 - \frac{z}{2}\right),$$

(5) $$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{1}{3}\frac{1}{z\left(1 - \frac{z}{2}\right)},$$

en posant

$$z = \frac{x}{x_1}, \quad \text{et} \quad B_{moy} = \frac{\Phi}{2\,l\,x_1} = \frac{F_e}{2\,\Delta}.$$

Il est facile de déduire des équations (4) et (5) un Tableau d'application générale et des courbes donnant les valeurs de $\left(\frac{B}{B_{moy}}\right)$ et de $\left(\frac{\delta}{\Delta}\right)$ en fonction de z.

PHYSIQUE. — *Sur l'examen ultramicroscopique des centres chargés en suspension dans les gaz.* Note de M. DE BROGLIE, présentée par M. Mascart.

Nous avons, dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 1908, *p.* 624) signalé la présence simultanée dans les gaz d'étincelle de gros ions et de poussières ultramicroscopiques en suspension ; l'étude de ces poussières nous a conduit à penser qu'on peut les identifier aux gros ions.

On peut très aisément étudier ces particules au microscope en visant, avec un faible grossissement la partie condensée d'un faisceau lumineux puissant ainsi que M. Zsigmondy, Puccianti et Vigezzi l'ont fait pour étudier les mouvements browniens de certaines fumées; c'est en réalité un procédé ultramicroscopique.

Si la petite boîte à faces planes qui contient le gaz est placée dans une cuve à liquide isolant tel que l'huile de vaseline on parvient à la fois à éviter presque complètement les mouvements de convection thermique et à établir entre deux faces métalliques opposées de la boîte une différence de potentiel de quelques centaines de volts.

En établissant le contact, on voit très nettement une partie des granules aller dans le sens du champ, une autre en sens opposé, tandis qu'une troisième fraction ne se transporte pas : ce sont les ions positifs et négatifs et les centres neutres (rappelons que, dans le cas du transport des colloïdes dans les liquides, toutes les particules sont entraînées par le champ et toutes dans le même sens).

Au bout de peu de temps il ne reste plus dans le champ du microscope que les particules neutres; les autres ont été rencontrer les électrodes et y restent fixées ; on peut alors montrer que l'action des radiations ionisantes, radium, rayons de Röntgen, a pour effet de charger une fraction de ces centres neutres qui deviennent de gros ions des deux signes et sont sensibles au champ électrostatique.

Plusieurs applications intéressantes peuvent se déduire de la méthode précédente qui s'applique à la plupart des suspensions gazeuses :

Ainsi, j'ai mesuré directement les mobilités en évaluant le temps que les ions mettent à parcourir une division de micromètre et confirmé les résultats fournis par les procédés électrométriques.

J'ai également examiné, avec un fort grossissement et par un dispositif ultramicroscopique tel que celui de MM. Cotton et Mouton, les particules qui finissent toutes par se fixer aux parois par suite de la diffusion ou de la lente action de la pesanteur; leur nombre, évalué comme celui des globules sanguins et comparé à la quantité d'électricité de chaque signe que portait 1^{cm^3} du gaz primitif fournirait une valeur intéressante de la charge de chaque centre.

Il est enfin très instructif de remarquer que la théorie de la conductibilité des gaz renfermant des gros ions a été déduite (par M. Langevin) de la théorie des ions des rayons de Röntgen; l'observation *directe* et *individuelle* des centres dans le premier cas apporte un argument indirect, mais frappant, en faveur de la théorie qui attribue la conductibilité gazeuse en général à des charges des deux signes en suspension dans le milieu isolant et obéissant dans leur ensemble aux lois de l'Électrostatique.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la recombinaison des ions dans les diélectriques.* Note de M. **P. Langevin**, présentée par M. Mascart.

En admettant que dans les gaz la recombinaison des ions de signes contraires est due à l'attraction de leurs charges électriques, j'ai pu prévoir (1), entre le coefficient de recombinaison α et les mobilités k_1 et k_2 des ions positifs et négatifs, la relation

$$\frac{\alpha}{4\pi(k_1+k_2)} \leqq 1. \tag{1}$$

J'ai désigné ce rapport par la lettre ε.

Une méthode directe de mesure du rapport ε m'a permis de vérifier expérimentalement l'inégalité précédente pour l'air et le gaz carbonique, et de montrer que, conformément encore aux prévisions de la théorie, le rapport ε s'approche d'autant plus de l'unité que la pression est plus grande, que le déplacement des ions devient plus difficile; la limite 1 est atteinte lorsque toutes les rencontres entre des ions de signes opposés sont suivies de recombinaison.

J'ai montré depuis (2) comment ce rapport ε joue un rôle essentiel dans tous les problèmes relatifs au courant dans les gaz ionisés et comment sa

(1) P. Langevin, *Comptes rendus,* t. CXXXIV, 1902, p. 533.

(2) *Cours du Collège de France,* 1902-1904.

valeur détermine aussi bien la forme des courbes de saturation que la répartition du champ électrique à l'intérieur du gaz.

Les mesures faites par M. E. Bloch et par moi (1) sur les ions issus des flammes, moins mobiles que les ions ordinaires, ont donné la valeur 0,7, et M. G. Moreau (2), en déterminant séparément le coefficient de recombinaison et les mobilités des gros ions produits par vaporisation de sels à haute température, a obtenu pour ε des nombres très voisins de l'unité.

II. Le fait, signalé par P. Curie (3) pour les liquides et par M. H. Becquerel (4) pour les solides, que tous les diélectriques deviennent conducteurs sous l'action des radiations nouvelles, permet de chercher de nouvelles confirmations de la relation théorique (1), légèrement modifiée par l'intervention du pouvoir inducteur spécifique K du diélectrique dans l'action mutuelle de deux ions de signes contraires, et mise sous la forme générale

$$\varepsilon = \frac{K\alpha}{4\pi(k_1 + k_2)} \leqq 1.$$

La très grande lenteur de la recombinaison dans ces diélectriques denses fait que la conductibité persiste un temps notable après que l'action des rayons a cessé et permet d'employer pour la mesure directe du rapport ε une méthode remarquablement simple basée sur la remarque suivante :

Pour des champs électriques assez faibles, le courant produit à travers le diélectrique ionisé obéit à la loi d'Ohm, avec une résistivité ρ, inverse de la conductibilité, et donnée en fonction des mobilités et de la densité en volume n des charges positives ou négatives portées par les ions par la relation :

$$\rho = \frac{1}{(k_1 + k_2)n}.$$

Cette résistivité augmente avec le temps par suite de la recombinaison; comme celle-ci s'effectue suivant la loi

$$\frac{dn}{dt} = -\alpha n^2,$$

on en déduit

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\alpha}{(k_1 + k_2)} = \frac{4\pi}{K}\varepsilon.$$

(1) P. Langevin et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. CXXXIX, 1904, p. 792.

(2) G. Moreau, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. VIII, 1906, p. 235.

(3) P. Curie, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 420.

(4) H. Becquerel, *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1173.

La résistivité ρ, et par suite la résistance R qu'oppose au passage du courant le diélectrique ionisé placé entre deux conducteurs de forme quelconque, doit donc augmenter linéairement en fonction du temps, d'où une première vérification possible de la loi de recombinaison, au moins dans l'hypothèse où le diélectrique rendu conducteur ne renferme qu'une seule espèce d'ions de chaque signe.

D'autre part, si C est la capacité du condensateur formé par les deux conducteurs considérés, on a entre elle et la résistance R la relation connue

$$CR = \frac{K\rho}{4\pi},$$

et par suite

$$C\frac{dR}{dt} = \frac{K}{4\pi}\frac{d\rho}{dt} = \frac{K\alpha}{4\pi(k_1 + k_2)} = \varepsilon.$$

Pour mesurer ε, il suffit donc de suivre la loi de disparition en fonction du temps de la conductibilité acquise antérieurement sous l'action d'un rayonnement par le diélectrique d'un condensateur de capacité connue; ε étant un rapport, aucune mesure absolue n'est d'ailleurs nécessaire pour l'obtenir, et l'on peut ramener sa détermination à des mesures de rapports de temps et de déviations.

Des expériences sont en cours pour l'application de cette méthode, et les résultats qui en seront publiés ultérieurement par M. H.-C. Napier ont déjà donné pour ε des valeurs peu différentes de l'unité et inférieures à cette limite comme le veut la théorie.

Il est remarquable que celle-ci se trouve vérifiée aussi bien pour les ions produits dans les gaz que pour ceux incomparablement moins mobiles des diélectriques solides, le rapport ε restant toujours voisin de l'unité alors que ses deux termes, coefficient de recombinaison et mobilités, sont approximativement un million de fois plus petits dans le deuxième cas que dans le premier.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Influence de l'atmosphère ambiante sur le frottement entre corps solides.* Note de M. F. **Charron**, transmise par M. Lippmann.

Le frottement de glissement entre deux corps solides paraît varier avec la nature de l'atmosphère ambiante.

L'appareil qui m'a permis de constater ce fait se compose d'un cylindre C en laiton poli tournant autour de son axe horizontal. Sur sa surface latérale, animée d'une vitesse d'environ 80^{cm} par seconde, repose une brosse B en fils de cuivre. L'emploi d'une brosse m'a donné, comme à M. Krouchkoll [1], des résultats plus constants qu'un frotteur rigide.

Cette brosse est reliée au bras vertical d'un levier coudé mobile en O autour de l'arête d'un couteau de balance. Le bras horizontal porte un plateau destiné à recevoir des poids. Le centre de gravité du levier est placé assez bas pour assurer la stabilité de l'équilibre.

Une enceinte E, munie des ouvertures strictement nécessaires, entoure le cylindre et la brosse. On y fait passer un courant lent de différents gaz, chargés ou non de diverses vapeurs.

Les poids nécessaires pour établir l'équilibre ont été trouvés :

Air desséché	26^{g}
Air ambiant	25
Air chargé de vapeur d'eau	22
» de benzine	20
» d'alcool	19

Sans avoir fait d'autres mesures quantitatives, j'ai constaté que les vapeurs d'éther, d'essence de pétrole, et même de pétrole lampant, donnaient des diminutions de frottement du même ordre de grandeur.

L'air chassé par un soufflet se chargeait de vapeur en barbotant dans un flacon contenant le liquide.

La vapeur employée n'était jamais saturante et il n'y avait pas trace de buée sur le cylindre.

Je n'ai au contraire observé aucune variation notable du frottement en introduisant dans l'enceinte les divers gaz suivants, soigneusement desséchés :

Air, hydrogène, acide carbonique, éthylène.

ÉLECTRICITÉ. — *Auto-excitation d'un alternateur triphasé au moyen de soupapes électrolytiques.* Note de M. C. **Limb**, transmise par M. Lippmann.

Un alternateur triphasé, de faible puissance, 10 kilovoltampères, sous 110-120 volts, à 50 périodes : s., a été utilisé pour ces expériences. Une batterie de six soupapes électrolytiques, à clapet d'aluminium, était montée

---

(1) *Thèse de Doctorat,* page 58.

sur les trois bornes du courant triphasé. Le circuit inducteur de l'alternateur pouvait être animé, par le jeu d'un commutateur bipolaire à deux directions, soit par une distribution à courant continu sous 220 volts, soit par le côté *courant redressé* de la batterie de six soupapes. Dans le circuit inducteur était intercalé le rhéostat de champ ou rhéostat d'excitation.

L'alternateur étant mis en vitesse, si le commutateur était monté sur les soupapes, l'excitation de l'alternateur ne se produisait pas spontanément; mais il suffisait d'exciter d'abord, un peu fortement, par le courant continu, et d'inverser brusquement le commutateur, pour voir le voltage induit, après une chute instantanée presque à zéro, remonter rapidement jusqu'à plus de 120 volts, suivant la position du rhéostat. Ce phénomène se produisait à l'allure d'une dynamo-shunt, à courant continu, dont on ferme le circuit d'excitation.

A ce moment, l'alternateur triphasé fonctionnait en auto-excitation, par l'intermédiaire des soupapes électrolytiques. On pouvait faire varier le voltage commodément, et dans de grandes proportions, jusqu'à 200 volts environ, par le simple jeu du rhéostat d'excitation, absolument comme dans le cas d'une dynamo-shunt à courant continu. L'alternateur a pu être mis en pleine charge, partie sur des résistances non inductives, partie sur une série de moteurs triphasés asynchrones. Le débit faisait naturellement baisser le voltage, mais il était aisé de le remonter par le jeu du rhéostat. Bien entendu la variation du voltage, due à une variation de débit, était plus grande que dans le cas ordinaire de l'excitation indépendante; mais c'est également ce qui se produit avec les dynamos à courant continu; le fait est bien connu et d'ailleurs bien évident.

Il existe cependant une différence avec les machines à courant continu : c'est qu'il est nécessaire que le magnétisme rémanent de l'inducteur ait une valeur suffisante pour que l'alternateur s'amorce spontanément, sans avoir recours à l'artifice que j'ai dû employer : excitation préalable sur courant continu et inversion brusque du commutateur.

Cela s'explique aisément. Dans les génératrices à courant continu, surtout les machines de construction moderne à faible entrefer, le moindre flux magnétique rémanent suffit à déterminer un courant dans le circuit inducteur, courant surexcitant les pôles et déterminant ainsi l'auto-excitation; mais avec les alternateurs, il faut que ce flux rémanent engendre une force électromotrice suffisante pour vaincre la force électromotrice de polarisation des deux soupapes qui se trouvent toujours montées en tension, et donner ainsi un courant redressé, capable de surexciter les pôles. Or l'alternateur que j'ai employé ne produisait guère plus de 1 volt à sa vitesse normale de 1500 tours : minute, par le seul magnétisme rémanent de son inducteur.

J'ai voulu faire une détermination du magnétisme nécessaire, pour cette

machine. J'ai utilisé, dans ce but, quelques spires inductrices indépendantes, animées par un courant auxiliaire pris par une source continue; l'enroulement inducteur principal était branché sur le côté *courant redressé* des soupapes. J'ai observé qu'il fallait faire croître le courant continu auxiliaire jusqu'à l'obtention de 10 volts alternatifs environ (tension composée). A ce moment, spontanément, le voltage s'élevait avec une rapidité croissante, jusqu'à 200 volts environ, si le circuit inducteur se trouvait dépourvu de rhéostat. On pouvait, dès que l'auto-excitation se produisait nettement, supprimer le courant continu auxiliaire : le voltage continuait à s'élever jusqu'à sa valeur limite : 200 volts environ.

Rien ne serait donc plus facile que d'obtenir ce résultat, en constituant les noyaux inducteurs d'un alternateur avec de l'acier à aimant trempé ou comprimé, ou même de la fonte ayant une force coercitive suffisante. J'ai vu fréquemment des dynamos à courant continu, à circuit magnétique en fonte, donner, *à vide,* par leur seul magnétisme rémanent, 25 à 30 pour 100 du voltage normal : c'est bien plus qu'il n'en faudrait. Il suffirait que le constructeur excitât *une première fois* l'inducteur par du courant continu.

Le courant redressé, obtenu par six soupapes électrolytiques, est assez peu ondulé, étant donnée surtout l'inductance propre au circuit inducteur; mais il serait aisé de le rendre encore plus continu, si on le reconnaissait nécessaire, en introduisant spécialement en circuit une bobine de réaction (self-inductance) aussi dénuée que possible de résistance ohmique.

Le rendement des soupapes électrolytiques étant de l'ordre de 75 pour 100, en puissance, on voit que ce procédé d'auto-excitation est, à ce point de vue, au moins équivalent au procédé habituel d'excitation par une excitatrice ou une source séparée.

J'ai fait quelques expériences en vue d'obtenir l'auto-excitation de l'alternateur, monté en alternatif simple, ou monophasé. Je n'ai pu y réussir. Il fallait, pour obtenir à vide 115-120 volts, que le courant continu auxiliaire donnât à lui seul un flux magnétique engendrant 30 à 35 volts; la fermeture du circuit redressé des soupapes (batterie de quatre seulement, dans le cas de l'alternatif simple) augmentait alors le flux jusqu'à l'obtention des 115-120 volts; mais il n'y avait pas auto-excitation, au sens ordinaire du mot, c'est-à-dire élévation *spontanée* de la force électromotrice sans rien toucher au circuit inducteur. Il est vrai que, dans le cas du monophasé, avec batterie de quatre soupapes, le courant redressé passe par zéro (et même en dessous par suite des fuites des soupapes), ce qui n'a pas lieu

avec six soupapes montées sur le triphasé. En ne redressant le courant alternatif qu'avec une seule soupape, j'ai observé que la surexcitation due au courant redressé n'augmentait que de 2 à 3 pour 100 le voltage alternatif obtenu par le courant continu auxiliaire.

Il serait peut-être téméraire de conclure, de cette seule expérience, que l'auto-excitation d'un alternateur monophasé, au moyen de soupapes, fût impossible; mais je crois qu'il serait nécessaire d'user d'un artifice spécial pour rendre le courant redressé plus continu : self-inductance, ou condensateur électrolytique de grande capacité électrostatique, formé par une soupape à deux clapets d'aluminium (anode et cathode), ou même une batterie d'accumulateurs, qui pourrait être de très faible capacité, c'est-à-dire sans *formation* notable. Ces procédés de régularisation du courant redressé des soupapes électrolytiques ont été déjà indiqués par divers expérimentateurs. Mais ce sont là des complications qui réduisent l'intérêt du procédé et sont, en tous cas, inutiles pour un alternateur triphasé et, très vraisemblablement aussi, pour un alternateur diphasé.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différences de potentiel de contact entre métaux et liquides*. Note de M. L. **Bloch**, présentée par M. H. Poincaré.

Il existe un certain nombre de mesures sur la différence de potentiel métal-liquide, mais nous n'avons connaissance d'aucun travail systématique sur la variation de la différence de potentiel métal-électrolytique quand la concentration de l'électrolyte varie. Trois sulfates métalliques ont été étudiés par M. Gouré de Villemontée dans sa Thèse de doctorat [1].

Il nous a semblé intéressant de mesurer la différence de potentiel entre métal et eau distillée, et de rechercher comment varie cette différence lorsqu'on passe de l'eau à des solutions aqueuses de concentration variable. La méthode choisie est celle du condensateur de Volta. On s'est assuré que la principale cause d'erreur de cette méthode (condensation de liquide sur le plateau métallique) est négligeable pendant une série d'expériences.

---

[1] Voir Gouré de Villemontée, *Thèse*, p. 114.

La méthode ne fait connaître naturellement que les différences de potentiel *apparentes* (dans l'air). Le plateau métallique invariable est un disque de zinc oxydé. Ce disque a parfois été remplacé par un disque de zinc nickelé. Certains résultats ont été contrôlés au moyen d'un compensateur à polonium.

Par rapport au zinc oxydé, l'eau distillée du laboratoire présente une différence de potentiel de contact (positive) voisine de 1 volt. L'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, en solution normale, présentent des différences de potentiel (positives) *notablement plus grandes* (1^v,20 environ). Lorsqu'on dilue progressivement une solution acide normale, la différence de potentiel *décroît constamment* sans présenter de maximum ni de minimum.

Le carbonate de soude normal, la soude normale, l'ammoniaque, présentent des différences de potentiel *notablement moindres que l'eau*. Par dilution progressive, ces différences *croissent régulièrement*, sans offrir de maximum ni de minimum.

Les sels comme le chlorure de sodium normal; les sulfates de zinc, de nickel, de cuivre en solution normale, présentent, par rapport à l'eau distillée, des variations faibles ou douteuses.

Si l'on part de l'eau distillée, l'addition d'*une* goutte d'acide sulfurique ou de soude normale (dans 240^{cm^3} d'eau) produit plus de la moitié de la variation totale qu'on observe en passant de l'eau pure à la solution normale elle-même.

Quand l'addition d'une goutte d'acide a produit une variation dans un sens, l'addition d'alcali annule cette variation et crée une variation en sens contraire, qu'une nouvelle addition d'acide inverse à son tour.

Nous concluons de là que :

1° La différence de potentiel de contact (apparente) entre métal et liquide est plus petite pour les solutions alcalines que pour l'eau, plus petite pour l'eau que pour les solutions acides. Les sels donnent des effets peu différents de l'eau;

2° Cette différence de potentiel varie constamment dans le même sens quand on passe de la soude normale à l'acide sulfurique normal;

3° Les variations les plus grandes s'observent pour les dilutions extrêmes. Elles sont susceptibles de mettre en évidence des traces d'acide ou d'alcali qui échappent aux réactifs colorés.

RADIOGRAPHIE. — *Radiographie des poumons et de l'estomac des fœtus et des enfants mort-nés.* Note de M. **Bouchacourt**, présentée par M. Bouchard.

A propos de la Communication faite le 4 mai 1908 à l'Académie des Sciences par M. Perrier, au nom de M. Ch. Vaillant, je demande la permission de présenter les observations suivantes :

1° *Radiographie des poumons.* — Il est certain que, chez les enfants ayant respiré, les poumons forment une tache plus ou moins claire sur la radiographie, par suite de la présence d'une notable quantité d'air à ce niveau. Dans les deux cours que j'ai fait deux fois par an [1] (stage d'hiver et stage d'été) à la Clinique Tarnier, de 1898 à 1907, j'ai toujours insisté auprès des élèves (en leur montrant de nombreux clichés à l'appui) sur la valeur de ce procédé de docimasie pulmonaire radiographique, qui avait surtout l'avantage, sur le procédé de docimasie pulmonaire hydrostatique, de ne pas nécessiter l'ouverture du cadavre.

Dans ces deux procédés, il y a d'ailleurs une cause d'erreur : c'est l'insufflation pratiquée dans l'espoir de ranimer l'enfant né en état de mort apparente.

Mais j'ai toujours noté que dans ces cas l'air n'arrivait pas jusqu'aux sommets des poumons, qui restaient opaques.

Il y a lieu de noter d'ailleurs que, chez l'enfant ayant nettement respiré, les différents diamètres de la partie supérieure du thorax sont notablement plus grands que ceux de l'enfant qui n'a pas respiré spontanément.

2° *Radiographie de l'estomac.* — D'après les nombreuses radiographies de nouveau-nés que j'ai faites, l'estomac est surtout visible dans les deux cas suivants, par suite de la présence de gaz dans son intérieur :

A. Dans les cas de fœtus ayant été insufflés (surtout par le procédé dit *de bouche à bouche*), par suite de la présence d'une quantité plus ou moins grande d'air dans l'estomac.

B. Chez les fœtus morts depuis plus de 48 heures, par suite du développement des gaz de la putréfaction. Dans ces cas, non seulement l'intestin mais l'estomac sont nettement visibles. Les anses intestinales sont délimitées, le diaphragme refoulé, etc., de façon très variable suivant le degré de putréfaction.

---

(1) Sur les applications de la radiologie à l'Obstétrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations sur le temps employé par les corps pour se dissoudre.* Note de M. **Gaston Gaillard**, présentée par M. J. Violle.

Les observations que nous avons faites sur le temps que la précipitation met à apparaître dans les solutions d'hyposulfite (¹) nous ont amenés à étudier, au même point de vue, la dissolution des corps.

Comme on le sait, d'après G.-A. Hulett (²), Boyer-Guillon (³), J. Schürr (⁴), Bruner et Tolloczke (⁵), la dissolution dépend de nombreux facteurs qui rendent fort difficile toute observation de ce genre.

D'une façon générale, nous avons jeté des poids donnés de sel dans des quantités déterminées de dissolvant à une température connue. La diffusion était rendue la plus active possible et maintenue constante par un agitateur mû par une turbine réglée à une certaine vitesse, et l'on a compté les temps jusqu'à la disparition entière du sel.

Ces expériences ne peuvent valoir comparativement que par séries, pour des cristaux de grosseur semblable et une égale diffusion, car pour un même sel les écarts sont considérables, selon la grosseur des cristaux et l'agitation de la dissolution. Si l'on pulvérise les cristaux, la dissolution se fait d'une façon beaucoup plus rapide, mais il subsiste entre les sels des différences comparables à celles qu'on observe en opérant sur les cristaux mêmes.

Sans parler des nombreuses expériences que nous avons faites avec divers sels et pour lesquels il est difficile de donner des résultats comparatifs à cause des formes différentes qu'ils revêtent, il est intéressant de remarquer que, pour certains d'entre eux, il se manifeste des relations avec la nature de leur acide ou le poids de leur métal. En opérant avec un même corps, nous avons vu que :

1° Pour des quantités croissantes, le rapport des durées à la concentration obtenue est d'abord sensiblement constant dans les limites de nos expé-

---

(¹) *Comptes rendus,* t. CXL, 1905, p. 652.

(²) *Zeitsch. f. phys. Chem.,* t. XXXVII, 18 juin 1900, p. 385.

(³) *Étude sur la solution de sulfate de chaux* (*Annales du Conservatoire,* 1900).

(⁴) *Journal de Chimie physique,* t. II, 1904, p. 243.

(⁵) *Id.,* t. III, 1905, p. 625.

riences, pour s'élever ensuite :

Pour 2000g.	t = 20°. S²O³Na² (sous forme de semoule).	t = 15°. SO⁴Na² (petits cristaux).	Sucre (cristallisé).
g	m s m s		m s m s
50	1.50 à 2		2.30 à 2.45
100	2.15 à 2.25	3m30s à 4m	2.45 à 3
200	2.35 à 2.45	7.30 à 8	3.15 à 3.30
300	3.20 à 3.30	14 à 16	4
400	3.40 à 3.50	»	4.30 à 4.45
500	4.10	»	5.15 à 5.30

2° On constate un rapport entre la valeur de la solubilité et celle du temps employé, et, dans certains cas, en faisant varier la température, on voit que la courbe des inverses des temps a une allure comparable à celle de la solubilité ; mais des sels ayant des coefficients voisins peuvent employer des temps notablement différents, et la variation du temps avec la température ne suit pas toujours celle de la solubilité, comme cela est à remarquer plus spécialement avec le sulfate de soude ou de chaux.

	200g pour 2000g. S²O³Na².	SO⁴Na².	Sucre.
°	m s	m m	m s m s
15	2.45	10 à 12	2.45 à 3.00
20	»	»	2.15 à 2.30
30	»	1m30s à 1m45s	1.45 à 2
40	1.40	»	50 à 1
50	»	50s à 1m10s	40 à 50
60	35s à 45s	25s à 30s	30 à 40
70	»	12s à 15s	»
80	15s à 18s	»	»

3° Pour quelques mélanges de sels sur lesquels nous avons opéré (sulfate et chromate de potassium, azotate de potassium et d'ammonium, chlorure de sodium et azotate de potassium), le temps varie dans le sens de la modification de la solubilité, mais les variations sont peu sensibles.

4° Si l'on ajoute successivement une même quantité d'un corps à dissoudre aussitôt que la quantité précédemment introduite a disparu, on voit que pour des concentrations croissantes les temps mis par un même poids

à se dissoudre augmentent de la façon suivante [1] :

			Sucre.		
Poids.	Na Cl $t = 18°$.	Sucre $t = 20°$.	Poids.	$t = 12°$.	On a ajouté 100^g.
g	m s m s	m s m s	g	m s m s	m s m
100	1.30 à 1.45	2.40 à 2.50	100	3.30 à 3.45	3.45
100	2	3.10	200	4.30	3.45 à 4
100	2.10	3 à 3.15	300	5.45 à 6	4
100	3 à 3.30	3.35	400	9 à 9.15	4.30
100	5 à 5.15	3.50 à 4	500	12	6.30 à 7
100	7.30 à 8	4.45	»	»	»
100	»	5.15 à 5.25	»	»	»
100	»	6.30	»	»	»
100	»	7.40	»	»	»

D'après les expériences précédentes et celles que nous avons faites sur la précipitation, on peut se demander s'il n'y a pas, pour chaque corps, une valeur de temps fondamentale. Dans ce cas il ne s'agit plus de considérer seulement la vitesse de réaction, c'est-à-dire le rapport de la masse transformée au temps, rapport dû aux valeurs combinées des différentes énergies des éléments en réaction et des nombreux facteurs qui interviennent, mais d'examiner l'action respective de chaque élément. Il semble qu'on pourrait ainsi pour chaque substance dégager la notion d'une sorte de chimiochronicité, l'étude de la valeur propre du temps employé par chaque élément dans ses combinaisons permettrait sans doute de se rendre plus complètement compte des forces qui entrent en jeu dans toute action chimique et d'en mieux déterminer l'économie.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur une action photographique de la lumière infra-rouge.* Note de M. A. **Gargam de Moncetz**, présentée par M. Deslandres.

J'ai pu mettre en évidence une action particulière de la lumière infrarouge, en répétant, sur le conseil de M. Deslandres, les expériences bien connues d'Edm. Becquerel et de M. P. Villard sur les rayons destructeurs et continuateurs.

---

(1) Il est difficile de comparer ces temps aux différences entre la concentration finale et la concentration correspondant à la saturation par suite de la difficulté de l'expérience quand on approche de cette dernière.

Ed. Becquerel avait reconnu que les rayons infra-rouges les plus voisins du rouge détruisent l'impression produite sur une plaque par les rayons de longueur d'onde plus faible, employés dans la photographie ordinaire. M. Villard, en 1904, a obtenu le même résultat en remplaçant les rayons lumineux par les rayons X. La destruction, qui s'étend de λ 800 à λ 1000 environ, a été utilisée pour la photographie de cette région infra-rouge.

J'ai repris ces expériences avec les rayons X en faisant varier méthodiquement le temps de pose du spectre, et en employant, pour la collimation des rayons et leur photographie, des miroirs concaves argentés qui ont l'avantage de faire converger toutes les radiations sur un même foyer.

Ayant tout d'abord utilisé un spectrographe à prisme de flint, j'ai constaté qu'il existe, immédiatement à la suite des rayons destructeurs, un autre groupe de rayons moins réfrangibles et qui ont pour effet, non plus de détruire l'impression produite par les rayons X, mais au contraire de l'augmenter, en agissant en quelque sorte comme rayons continuateurs.

Pour rendre l'expérience plus concluante j'ai remplacé le prisme de flint par deux prismes de fluorine et, afin d'éliminer complètement l'hypothèse d'un voile par la lumière diffuse, j'ai placé devant la fente du spectrographe une cuve renfermant une dissolution d'iode dans le sulfure de carbone. On sait que cet absorbant bien connu, dû à Tyndall, arrête complètement toute lumière capable d'impressionner les plaques photographiques à l'état normal et se laisse traverser par les radiations de longueur d'onde comprise entre λ 800 et 4^{μ}.

Dans ces conditions, avec une lampe Nernst de 32 bougies et une plaque Lumière Σ au gélatinobromure d'argent, voilée par les rayons X, il y a naturellement absence d'impression du spectre avant λ 800 et destruction du voile initial de λ 800 à λ 920; mais, au delà, l'épreuve montre une augmentation nette du voile, qui s'étend de λ 920 à λ 1350 environ.

L'emplacement des différentes radiations dans le spectre précédent a été calculé au moyen de la série des indices de la fluorine d'après Rubens, le spectre lui-même étant repéré par les raies de l'arc au lithium juxtaposées sur l'épreuve.

La même expérience faite avec des plaques voilées, non plus par les rayons X, mais par la lumière ordinaire (lumière rouge par exemple), ou avec des plaques non voilées, ne donne pas trace de ce prolongement, même avec des temps de pose considérables. Le phénomène en question paraît donc jusqu'à présent spécial aux préparations photographiques ayant subi l'action des rayons X.

Il convient de remarquer ici qu'il n'y a pas une analogie complète entre cette nouvelle action et l'effet continuateur d'Edm. Becquerel et de M. P.

Villard, qui exige pour sa production l'emploi d'une préparation photographique renfermant des sels d'argent solubles dans l'eau. Edm. Becquerel avait reconnu que la présence de ces sels était rigoureusement indispensable pour l'obtention de l'effet continuateur par les rayons jaunes et verts, et M. P. Villard, ayant récemment repris ces expériences, n'a pu obtenir aucune continuation avec les plaques au gélatinobromure d'argent [1].

Je me propose d'approfondir cette question, intéressante à des points de vue différents, et d'étudier notamment l'influence que peuvent avoir sur l'intensité de l'impression et son étendue, d'une part la nature des rayons X et leur durée d'exposition et d'autre part la nature des plaques employées.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude cinématographique des mouvements browniens.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

L'étude quantitative des mouvements browniens que présentent des particules très fines suspendues dans un milieu liquide ou gazeux est très difficile, à cause de la rapidité et de la faible trajectoire de ces mouvements. L'observation directe au microscope ne permet d'obtenir que des données schématiques sur ces mouvements. D'autre part, les recherches théoriques d'Einstein, Marie Smoluchowski, Langevin et Perrin montrent qu'il y a un intérêt d'ordre général à étudier quantitativement ces mouvements.

Grâce à une installation micrographique très complète du laboratoire de M. François-Franck que je tiens à remercier ici pour l'accueil qu'il m'a fait, et grâce à l'aide de Mlle Chevreton qui a établi un montage très perfectionné de cinématographie microscopique, j'ai pu obtenir des vues cinématographiques des mouvements browniens.

L'émulsion étudiée est du latex de caoutchouc dilué environ 500 fois avec de l'eau distillée; on choisit une émulsion contenant des grains bien isolés et uniformes comme grosseur. Ces grains sont absolument sphériques et ont environ 1^{μ} de diamètre.

L'émulsion est mise sur une lame portant un quadrillage très fin; on la recouvre avec une lamelle qu'on lute à la paraffine. De cette façon on peut conserver une émulsion sans évaporation pendant plusieurs jours et même semaines, et l'on constate toujours des mouvements browniens très nets. L'avantage du latex est d'une part l'uniformité de

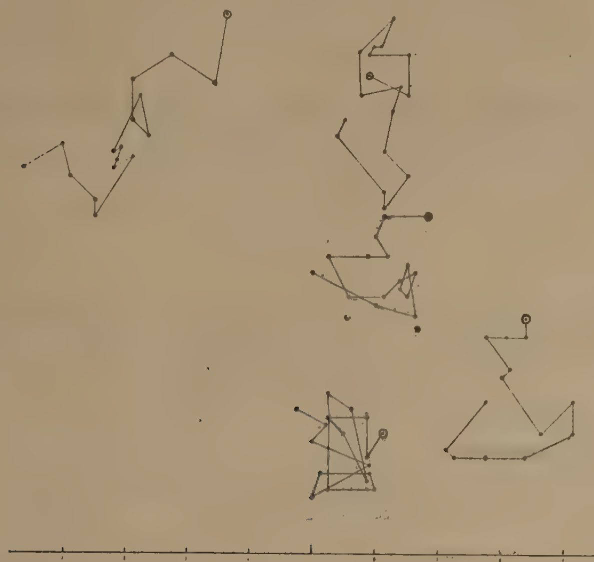
---

(1) *Bulletin de la Société française de Physique*, 1er fascicule, 1907, p. 7 : *Sur les actions chimiques de la lumière*, par P. Villard.

grosseur des grains, d'autre part leur densité, très voisine de celle de l'eau : elle est égale à 0,98. On n'observe donc pas avec le latex la répartition en profondeur que Perrin a étudiée pour la gomme-gutte.

La préparation est placée en position exactement horizontale sous le microscope. Les photographies étaient faites avec l'objectif apochromatique Zeiss de 2^{mm}, l'oculaire à projection 4 et la distance de 24^{cm}, ce qui donne un grossissement d'environ

Fig. 1.



600 diamètres. La source éclairante est une lampe à arc de 30 ampères; le cinématographe est disposé directement au-dessus du microscope. Les cinématographies obtenues contiennent vingt images par seconde et la durée de pose de chaque image est égale à $\frac{1}{320}$ de seconde; par conséquent, l'intervalle de temps séparant deux images consécutives est égal à $\frac{1}{20}$ de seconde.

L'émulsion choisie était suffisamment diluée pour que dans le champ il n'y ait qu'une vingtaine de grains; de cette façon leur repérage peut être fait avec exactitude et l'on peut, en déterminant la position d'un grain sur une série de photographies successives, dessiner la projection de la trajectoire décrite par chaque grain. La figure ci-jointe représente ces trajectoires pour cinq grains, les points successifs correspondant aux intervalles de $\frac{1}{20}$ de seconde; l'échelle donne la grandeur du μ.

Résultats. — La trajectoire décrite par un grain est très complexe; elle varie d'un grain à l'autre et elle est absolument indépendante pour chaque grain, même lorsqu'on compare des particules voisines de 2^{μ}; cette trajectoire présente très souvent des variations très brusques de direction.

Le déplacement moyen correspondant à $\frac{1}{20}$ de seconde varie très peu d'un grain à l'autre. Voici par exemple les valeurs moyennes pour dix grains pris au hasard; ces moyennes correspondent chacune à seize déterminations successives :

$$0^{\mu},58 \quad 0^{\mu},55 \quad 0^{\mu},52 \quad 0^{\mu},56 \quad 0^{\mu},70 \quad 0^{\mu},64 \quad 0^{\mu},67 \quad 0^{\mu},71 \quad 0^{\mu},55 \quad 0^{\mu},70;$$

la moyenne de ces nombres est égale à

$$\Delta = 0^{\mu},62.$$

La formule d'Einstein, établie également par Marie Smoluchowski et Langevin, donne la valeur de ce déplacement moyen :

$$\Delta^2 = \frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\eta r} \vartheta,$$

R est la constante des gaz : $8,31.10^7$; $T = 290°$; N le nombre de molécules par molécule-gramme : 7.10^{23}; η la viscosité de l'eau : 0,013; r le rayon des particules : $0,5.10^{-4}$ cm et ϑ la durée : $\frac{1}{20}$ sec.

Cette formule donne comme valeur théorique de Δ, $0^{\mu},16$, c'est-à-dire *une valeur plus de quatre fois plus faible que la grandeur trouvée expérimentalement* (en effet, 0,62 est la valeur moyenne de la projection horizontale du déplacement).

Il résulte donc de nos expériences que la formule d'Einstein ne donne pas la valeur exacte du déplacement dans le mouvement brownien des grains étudiés par nous.

On doit se demander à quoi peut être dû cet écart entre la théorie et l'expérience. La formule d'Einstein montre que Δ^2 est proportionnel à la durée ϑ. J'ai fait des mesures de déplacement de grains de quatre images en quatre images, c'est-à-dire correspondant à $\frac{4}{20}$ de seconde; la moyenne trouvée est égale à $1^{\mu},11$ au lieu de $2 \times 0,62 = 1,24$ exigé par la formule; c'est un accord suffisamment bon. Donc l'expérience vérifie bien la proportionnalité de Δ^2 à la durée.

Il reste à se demander si la relation entre Δ^2 et la viscosité et le rayon est bien celle qu'admet Einstein, c'est-à-dire a-t-on le droit d'appliquer la loi de Stokes au déplacement dans l'eau de grains ayant 1^{μ} de diamètre? Il est possible que cette loi ne s'applique pas à des grains aussi petits. C'est un point que l'on peut résoudre par l'étude cinématographique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les iodomercurates de thorium et d'aluminium.* Note de M. A. **Duboin**, présentée par M. L. Troost.

J'ai appliqué au thorium la méthode qui m'a donné un grand nombre d'iodomercurates nouveaux avec les iodures métalliques.

Je prépare l'iodure de thorium en attaquant du carbonate de thorine par l'acide iodhydrique et évaporant à siccité au bain-marie. Je dissous alors dans de l'eau, alternativement et jusqu'à refus, des portions de la masse obtenue et de l'iodure mercurique, en m'aidant d'une douce chaleur. La liqueur laisse d'abord déposer par refroidissement de l'iodure mercurique, puis une masse cristalline que j'ai laissé reposer longtemps afin d'avoir des cristaux plus gros.

Les plus gros cristaux, après que la masse eut été séchée sur des plaques de porcelaine, ont été triés avec une pince. Ils sont d'une déliquescence extrême et s'altèrent aussitôt à l'air en devenant rouges. Aussi l'opération du triage et la mise en marche de l'analyse doivent-elles être conduites très rapidement.

L'analyse montre qu'on est en présence d'un iodomercurate $ThI^4, 5HgI^2, 18H^2O$:

	Trouvé.			Calculé.
Thorium........	6,54	6,73	»	6,972
Mercure.......	30,74	30,83	»	29,989
Iode...........	53,24	53,40	53,41	53,321

On voit que les cristaux contiennent un très léger excès d'iodure mercurique tenant à un commencement de décomposition.

La propriété saillante de ce sel est sa facile décomposition par l'eau.

La liqueur qui baignait les cristaux avait une teinte brune très foncée par suite de la présence d'iode libre; je l'ai éclaircie par agitation en présence d'iodure mercureux. Elle devient alors jaune comme de l'huile d'olive. A la température de 18°,9 elle a pour densité 3,512, nombre très voisin, mais inférieur à celui de la densité de la solution saturée d'iodure de mercure dans l'iodure de baryum (liqueur de Rohrbach). Sa composition est la suivante :

	I.	II.
Thorium.........	10,07	10,26
Mercure.........	21 99	22,26
Iode.............	51,18	51,23
Eau (par diff.)....	16,76	16,25

Iodomercurate d'aluminium. — J'ai indiqué précédemment [1] qu'une solution saturée d'iodure mercurique dans une solution d'iodure d'aluminium en présence de l'air sec avait laissé déposer un oxyiodure dont j'avais pu obtenir une quantité assez grande pour en faire l'étude. Depuis cette époque (août 1907), la liqueur mère abandonnée dans une atmosphère parfaitement desséchante, en présence de baryte anhydre, a laissé déposer des cristaux bien différents d'aspect. Ce sont des prismes très allongés, d'une déliquescence extraordinaire, dont je n'ai pu obtenir qu'une très petite quantité, malgré la longue durée de l'évaporation. L'analyse leur assigne la formule

$$AlI^3, HgI^2, 8H^2O.$$



	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Calculé.
Aluminium......	2,73	2,78	2,683
Mercure........	20,21	19,94	19,880
Iode............	63,12	63,38	63,121

Ce corps se dissout dans l'eau, sans donner le moindre dépôt d'iodure mercurique, même après un temps prolongé ; sa grande déliquescence et la difficulté d'en avoir des quantités suffisantes m'ont empêché d'en faire une étude plus complète.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les composés définis du silicium et du palladium.* Note de MM. **Paul Lebeau** et **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait depuis les expériences de Boussingault [2], sur la siliciuration du platine et de quelques autres métaux, que le palladium peut fixer le silicium. Ce savant a reconnu que le palladium chauffé au rouge blanc dans une brasque de silice et de charbon augmentait de poids (3,9 pour 100) et il a démontré que cette augmentation devait être attribuée à la combinaison du silicium. Depuis cette époque, il n'a été publié, à notre connaissance, aucun document nouveau concernant les composés siliciés du palladium.

---

(1) *Sur quelques nouveaux iodomercurates* (*Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 713).

(2) Boussingault, *Comptes rendus*, t. LXXXII, 1867, p. 591. — *Bull. de la Soc. chim.*, 3e série, t. XXVI, 1876, p. 265. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. VIII, 1876, p. 145 et t. XV, 1878, p. 91.

Nous avons repris l'étude de la siliciuration du palladium et nous résumerons dans la présente Note l'ensemble des faits que nous avons observés dans l'action directe du silicium sur ce métal.

Le silicium et le palladium se combinent directement avec un dégagement de chaleur très apparent. Si l'on place dans un creuset de porcelaine de Berlin, chauffé au moyen d'un chalumeau ordinaire, un mélange intime de palladium et de silicium cristallisé, on constate d'abord un retrait de la matière, puis brusquement, à une température de 500° à 600°, une incandescence vive se produit et la combinaison s'effectue avec une élévation de température suffisante pour entraîner la fusion de la masse.

Cette expérience nous a montré qu'il était possible de préparer facilement des culots de palladium plus ou moins siliciés. La fusion a été obtenue dans tous les cas dans des creusets en porcelaine de Berlin, chauffés au four Forquignon.

La température de fusion des mélanges de silicium et de palladium varie dans d'assez grandes limites suivant les proportions relatives de ces deux éléments. En raison des indications précieuses sur le nombre et la composition ds composés définis que donne l'étude de la fusibilité, nous avons tout d'abord déterminé la courbe des points de solidification commençante du système silicium-palladium. Cette courbe part du point de fusion du palladium, 1587 (Holborn et Wien) (¹) et descend ensuite jusqu'à 670°, point qui constitue un premier minimum pour un produit titrant 6 pour 100 de silicium. Un relèvement rapide s'observe ensuite et un maximum est atteint pour un culot renfermant 11,76 pour 100 de silicium. Cette proportion de silicium correspond à la formule $SiPd^2$. Le point de fusion de ce composé serait voisin de 1400°. Après ce maximum très accentué, la courbe descend de nouveau jusqu'à 750°. Le silicopalladium fusible à cette température contient 16 pour 100 de silicium. Pour les mélanges plus riches en métalloïde, la température de fusion croît jusqu'à 990°, second maximum encore très accusé, qui fait prévoir l'existence d'un second siliciure dont la formule serait Si Pd (21 pour 100 de Si). A 25 pour 100 de silicium, le produit fond à 825°. C'est là un nouveau minimum correspondant à l'eutectique. La température de solidification s'élève ensuite lentement pour atteindre le point de fusion du silicium.

Nous avons en outre observé, à l'aide d'un chronographe enregistreur, les variations de la vitesse de refroidissement. Pour tous les produits renfermant moins de 20 pour 100 de silicium, on constate un arrêt très net dans le refroidissement suivi d'une recalescence qu'on peut même reconnaître en dehors de toute mesure, par l'observation directe du culot. Avec le palladium silicié à 6 pour 100, par exemple, cette recalescence se manifeste vers 600°. L'élévation de la température est telle que la masse est portée au rouge vif. L'augmentation d'éclat part d'un point de la matière et se propage

(¹) Holborn et Wien, *Ann. Phys. und Chem. Wiedm.*, (2), t. LVI, 1895, p. 360.

d'une façon comparable à la cristallisation d'une solution sursaturée autour d'un germe. Il semble bien en effet qu'on soit en présence d'un phénomène de cet ordre, car nous avons pu, sur le conseil de M. Le Chatelier, empêcher la recalescence de se produire en mettant en contact avec le culot, au moment où commence sa solidification, un germe constitué par un petit fragment d'un culot précédent.

Dès que les produits siliciés renferment plus de 21 pour 100 de silicium, l'observation du refroidissement permet de reconnaître l'existence d'un eutectique. C'est l'eutectique SiPd — Si dont le point de solidification est 825° ainsi que nous l'avons déjà signalé.

Nous ne pouvons nous étendre ici longuement sur l'examen des surfaces polies de ces divers palladiums siliciés. Nous indiquerons cependant qu'il nous a permis de reconnaître l'homogénéité parfaite des produits titrant 11,76 et 21,05 pour 100 de sicilium qui correspondent respectivement à $SiPd^2$ et SiPd. En étudiant des culots à diverses teneurs ayant subi la recalescence et ces mêmes produits trempés avant l'apparition de ce phénomène, nous avons constaté une différence de structure intéressante. Dans ce dernier cas on observe toujours deux constituants se distinguant très facilement par l'oxydation à chaud. Ces deux constituants se révèlent comme très homogènes. Lorsque la recalescence a eu lieu, l'un d'eux, le plus oxydable, est parsemé de petits cristaux, dont l'apparition est, dans tous les cas, liée à la production de la recalescence. Ce fait est en accord avec l'hypothèse que nous avons déjà faite plus haut de la cristallisation d'une solution sursaturée.

Le silicium libre peut être mis en évidence sur les surfaces polies dès que la teneur en silicium dépasse 21,05 pour 100. A 23 pour 100 de silicium on trouve le siliciure SiPd cristallisé au sein de l'eutectique SiPd—Si. Pour les teneurs plus élevées, le silicium cristallise en gros cristaux au sein de ce même eutectique. Dans les culots très riches on ne rencontre plus cet eutectique et le siliciure SiPd, très homogène, cimente en quelque sorte les cristaux de silicium.

Nous avons pu isoler facilement le siliciure SiPd en soumettant à l'action d'une solution de potasse étendue des culots contenant plus de 60 pour 100 de silicium total. Le silicium libre se dissout rapidement, puis l'attaque se ralentit sans cependant cesser complètement. Mais il est très facile de saisir le moment où le silicium libre a disparu. Le dégagement gazeux très lent qu'on constate ensuite est dû à une altération lente du siliciure lui-même.

Le siliciure SiPd se présente en petits fragments très brillants d'un gris bleuté, d'une densité de 7,31 à 15°. Il est attaqué à chaud par le fluor et le chlore. Au rouge sombre l'oxygène donne naissance à une oxydation super-

ficielle qui empêche une action plus profonde. Ce siliciure est inattaquable par l'acide chlorhydrique et par l'acide sulfurique, mais l'acide azotique et l'eau régale le décomposent déjà à froid. Les lessives alcalines réagissent lentement en donnant un silicate alcalin et du palladium.

L'analyse de ce siliciure nous a donné les résultats suivants :

	I.	II.	Théorie pour SiPd.
Silicium pour 100........	20,71	20,55	21,05
Palladium pour 100......	78,80	78,97	78,95

Les essais que nous avons faits dans le but d'isoler à l'état cristallisé le second siliciure $SiPd^2$ n'ont pas été jusqu'ici satisfaisants.

L'ensemble de ces recherches montre que le silicium et le palladium s'unissent directement avec dégagement de chaleur et donnent deux siliciures définis $SiPd^2$ et SiPd. Le premier de ces composés a pu seul être séparé et analysé, mais l'existence de ces deux corps peut être affirmée en raison de la parfaite concordance observée dans l'examen métallographique et dans la détermination de la courbe de fusibilité du système silicium-palladium. Les formules de ces siliciures sont comparables à celles des siliciures de platine déjà connus. Enfin l'étude du refroidissement des palladiums siliciés renfermant moins de 20 pour 100 de silicium a permis d'observer un phénomène intense de recalescence qui semble correspondre à la cristalisation d'une solution sursaturée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de dosage volumétrique de l'acide tartrique dans les tartres et les lies.* Note de M. **Em. Pozzi-Escot**, présentée par M. Carnot.

Le dosage de l'acide tartrique dans les tartres et les lies, produits qui sont l'objet de transactions commerciales très importantes, s'effectue suivant certain nombre de méthodes plus ou moins empiriques, qui reviennent à isoler, avec une exactitude relative, le bitartrate de potasse, qui est un peu soluble dans l'alcool, et à déterminer son poids. Quoique ces méthodes aient été l'objet de très intéressants travaux, dans un très grand nombre de pays et particulièrement de la part de M. Carles, il est

certain qu'elles ne répondent pas au degré de précision qu'on est en droit d'exiger aujourd'hui des procédés d'analyse servant de base aux transactions commerciales. Elles donnent lieu à de fréquents conflits entre acheteur et vendeur.

Toute la difficulté du problème réside dans le fait que l'acide tartrique ne donne à proprement dire aucun composé insoluble dans l'eau, et qu'on est obligé d'opérer en milieu alcoolique et de tenir compte de la solubilité relativement considérable, dans ce solvant, des produits qu'on pèse. Il sera facile de voir que la méthode volumétrique suivante donne des résultats très exacts, et qu'elle présente d'autre part toute la rapidité requise pour une opération industrielle.

On prélève 1^g de lie ou de tartre brut, on le place dans une capsule et l'on épuise avec un excès de solution de carbonate de soude ou de potasse bouillanté; on prépare de la sorte 100^{cm^3} d'une solution de tartrate neutre, qui renferme tout l'acide tartrique du produit primitif. On prélève 25^{cm^3} de cette solution, qu'on met dans un petit ballon, et l'on acidule par un excès d'acide chlorhydrique; on fait bouillir pour chasser l'anhydride carbonique et l'on alcalinise franchement par l'ammoniaque, de manière à transformer l'acide tartrique en tartrate neutre; on ajoute alors 40^{cm^3} d'une solution décime de bromure de baryum ($\frac{1}{2}BaCl^2$) dans l'alcool fort et environ 75^{cm^3} d'alcool à 95°. On agite et l'on filtre sur un creuset de Gooch de préférence; on lave le précipité avec de l'alcool ajouté par petites portions.

Le tartrate de baryum précipité dans ces conditions est insoluble; on pourrait le transformer en sulfate de baryum et déterminer l'acide tartrique par pesée, il est plus simple d'opérer volumétriquement.

A cet effet, au liquide filtré contenant l'excès du bromure de baryum, on ajoute un peu d'eau et un excès d'oxalate d'ammonium; il se précipite de l'oxalate de baryum, qu'on reçoit sur un filtre et qu'on lave soigneusement avec de l'eau légèrement ammoniacale; on perce le filtre et, à l'aide d'une pipette contenant de l'eau chaude acidulée à l'acide sulfurique, on fait tomber tout le précipité dans un becher, on ajoute un excès d'acide sulfurique et l'on dose l'acide oxalique avec une solution titrée décime de permanganate de potasse. Soit n le nombre de centimètres cubes de cette solution utilisés, $40 - n$ représente le nombre de centimètres cubes de solution décime de bromure de baryum employés pour précipiter l'acide tartrique.

L'acide tartrique contenu daus la prise d'essai sera donc : $(40 - n) \times 0,0075 \times 4$; la proportion pour 100 sera : $3(40 - n)$.

Cette méthode est très rapide et elle donne des résultats beaucoup plus exacts qu'aucune des méthodes utilisées jusqu'ici; on voit qu'elle met à profit d'une part l'insolubilité du tartrate de baryum dans l'alcool et d'autre part la grande solubilité du bromure de baryum dans le même solvant.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Élimination de l'oxyde de carbone du gaz de houille.* Note de M. Léo Vignon, présentée par M. Carnot.

La toxicité du gaz de houille est due presque exclusivement à l'oxyde de carbone, qu'il contient dans la proportion moyenne de 8 à 10 pour 100.

D'autre part, les canalisations conduisant le gaz d'éclairage des usines productrices aux lieux de consommation ne sont jamais étanches; elles perdent, en route, une fraction du gaz transporté. Les pertes peuvent atteindre de 5 à 20 pour 100, suivant l'état des canalisations. Il résulte de là que, dans les villes pourvues de distributions de gaz, les habitants sont constamment soumis à l'action nocive de l'oxyde de carbone.

J'ai recherché, au laboratoire, les méthodes pouvant être employées pour priver le gaz de houille, en totalité ou en partie, de l'oxyde de carbone qu'il contient. Trois procédés me paraissent industriellement applicables. L'oxyde de carbone peut être : 1° ou transformé en méthane; 2° ou transformé en acide carbonique; 3° ou absorbé directement.

1° *Transformation en méthane.* — La méthode d'hydrogénation de Sabatier et Senderens (*Ann. de Chim. et de Ph.*, 8e série, t. IV, mars-avril 1905), basée sur l'action du nickel à 250°, permet d'éliminer complètement l'oxyde de carbone en le transformant en méthane. Le gaz de houille renferme, en effet, tous les éléments nécessaires à l'accomplissement de la réaction



$$CO + 3H^2 = CH^4 + H^2O.$$

Le gaz de houille doit être privé, au préalable, de benzène, qui serait transformé en cyclohexane, et de composés sulfurés, qui stériliseraient le nickel.

Voici la composition volumétrique centésimale d'un échantillon de gaz de houille avant et après l'action du nickel :

	Avant (volume 4250cm³).	Après (volume 2900cm³).
Acide carbonique	2	0
Oxygène	1	0,20
Azote	3,10	4,30
Hydrogène	46,50	25,90
Méthane	37,70	69,40
Oxyde de carbone	9,50	0,09
Non dosé	0,20	0,11
	100,00	100,00

L'application de la méthode Sabatier et Senderens permet de mélanger une certaine

proportion de gaz à l'eau au gaz de houille, avant de le soumettre à l'action du nickel Soit, en effet, un mélange de :

100^{vol} de gaz de houille.	H	50
	CH^4	40
	CO	10

et de

20^{vol} de gaz à l'eau...	H	10
	CO	10

Ce mélange contiendra essentiellement :

H......... 60^{vol} CH^4....... 40^{vol} CO........ 20^{vol}

Après réaction du nickel, on obtiendra :

CH^4....... 60^{vol}

2° *Transformation en acide carbonique.* — En faisant passer le gaz d'éclairage, préalablement privé de benzène, sur divers oxydes de fer, une portion plus ou moins grande de l'oxyde de carbone est transformée en acide carbonique, suivant la température mise en œuvre.

La formation de l'acide carbonique est limitée par suite de la présence de l'hydrogène. Il y a en même temps réduction du volume du gaz employé par suite de la formation d'eau.

J'ai obtenu les résultats suivants avec différents oxydes de fer (I, II, III), sur du gaz contenant, avant réaction, 9,86 pour 100 de CO et 1,64 pour 100 de CO^2 :

	Températures.	Réduction de volume.	CO.	CO^2.
Oxyde de fer I........	435°-450°	0	9,70	1,80
	800°-900°	12,5 pour 100	8,15	3,55
	1100°	15,2 »	7,90	3,50
Oxyde de fer II.......	900°	28,2 »	2,10	9,90
	1100°-1200°	31,5 »	4,85	6,65
Oxyde de fer III......	1000°-1100°	33,3 »	3,10	10,90

L'acide carbonique formé est absorbé par les moyens connus.

3° *Absorption directe.* — L'oxyde de carbone peut être absorbé à la température ordinaire par contact avec une solution aqueuse chlorhydrique ou ammoniacale de chlorure cuivreux. Voici les résultats obtenus avec le chlorure cuivreux acide :

	Composition centésimale volumétrique du gaz.	
	Avant traitement.	Après traitement.
Acide carbonique...........	1,80- 1,85	1,70-1,95
Oxyde de carbone..........	10,10-10,15	0,90-1,10
Oxygène..................	0,60- 0,65	0,50-0,60

Les trois méthodes signalées permettent donc de supprimer ou de réduire la proportion d'oxyde de carbone contenue dans le gaz de houille. Par leur application industrielle, les inconvénients que l'emploi du gaz de houille présente pour l'hygiène publique pourraient être atténués dans de notables proportions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le propargylcarbinol.* Note de MM. **Lespieau** et **Pariselle**, présentée par M. Haller.

On ne connaît actuellement qu'un alcool possédant les propriétés d'un composé acétylénique vrai, l'alcool propargylique découvert par M. Henry; nous nous sommes proposé d'en obtenir un autre, précisément l'homologue immédiat du précédent, le butinol



$$CH \equiv C - CH^2 - CH^2OH.$$

Notre point de départ a été l'éther



$$CH^2Br - CHBr - CH^2 - CH^2OCH^3$$

précédemment décrit par l'un de nous (*Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1161); cet éther, soumis à l'action de l'acide bromhydrique, nous a fourni le tribromobutane-1.2.4, que nous avons ensuite attaqué par la potasse; il est résulté, de cette attaque, un dibromure éthylénique, d'où nous avons pu passer à l'alcool



$$CH^2 = CBr - CH^2 - CH^2OH.$$

Ce dernier composé, chauffé avec une solution aqueuse de potasse, nous a donné l'alcool primaire acétylénique en C^4. Voici quelques données sur les corps rencontrés dans ce travail :

Tribromobutane-1.2.4 $CH^2Br - CHBr - CH^2 - CH^2Br$. — Liquide incolore, bouillant à 112°-113° sous 13^{mm}; pour l'obtenir, on fait passer lentement un courant d'acide bromhydrique dans l'éther méthylique, dont il a été question ci-dessus, maintenu à 100°. Quand il ne se dégage plus de bromure de méthyle, on sature le liquide d'acide bromhydrique à 0°, on l'enferme dans un matras de Wurtz et on le maintient 10 heures à 100° (analyse : Br 80,90; cryoscopie 306).

Dibromo-2.4-*butène* $CH^2 = CBr - CH^2 - CH^2Br$. — Liquide bouillant à 57°-60° sous 14^{mm}. On l'obtient en ajoutant au tribromure précédent

20 pour 100 de potasse ordinaire concassée en morceaux de la grosseur d'un pois et portant à l'ébullition; beaucoup de tribromure échappe à l'attaque, mais on le récupère par distillation fractionnée du produit recueilli. Si l'on exagère l'action de la potasse, on obtient des produits acétyléniques dont l'un est liquide et précipite en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal, tandis que l'autre, qui paraît être gazeux, mais différent de l'acétylène, précipite le même réactif en rouge.

La formule que nous avons attribuée au dibromobutène obtenu ici découle en partie de son mode de préparation, ainsi que du fait qu'on en peut dériver un alcool acétylénique vrai; ce ne peut d'ailleurs être le dibromo-2.4-butène 1, corps dont s'est servi M. Griner lorsqu'il a réalisé la synthèse des érythrites, car il n'en présente pas les caractères. Il ne reste alors comme formule possible que celle que nous avons adoptée ou la suivante :



$$CH\,Br = CH - CH^2 - CH^2\,Br.$$

Nous avons considéré celle-ci comme peu probable ; l'étude de l'action de la potasse sur un corps très analogue au tribromobutane, la tribromhydrine de la glycérine, a montré en effet que le brome enlevé en premier lieu est un brome primaire, à l'exclusion du secondaire [analyse : Br, 74,36; cryoscopie, 209].

Bromo-2-butène-1-ol-4 $CH^2 = C\,Br - CH^2 - CH^2\,OH$. — Liquide bouillant à 69°-72° sous 11^{mm} et vers 175°, mais avec décomposition semble-t-il, sous 760^{mm}; on l'a obtenu en saponifiant son acétine, et on l'a desséché sur l'oxyde de baryum [analyse : Br, 53,07; cryoscopie, 156].

L'acétine de cet alcool bout à 75°-78° sous 15^{mm} [analyse : Br, 41,08; cryscopie, 189]; elle résulte de l'action de l'acétate de potassium sur le dibromo-2-4-butène.

Butinol $CH \equiv C - CH^2 - CH^2OH$. — Liquide bouillant à 133°-136° sous 760^{mm}. Il résulte de l'attaque de l'alcool précédent par une solution de potasse dans l'eau (poids égaux de base et d'eau); on le sépare de l'eau qui a distillé avec lui par le carbonate de potassium, le redistille, le sèche au sulfate de cuivre blanc et le distille encore une fois (analyse : C, 67,78; H, 8,76; cryoscopie, 73).

Cette analyse montre que le corps n'est pas rigoureusement exempt d'eau, mais nous n'avons pu arriver à mieux; l'oxyde de baryum attaque trop facilement le butinol pour être employé à la dessiccation de cet alcool.

Pour caractériser ce corps en tant qu'alcool, nous en avons fait la phényl-

uréthane : ayant enfermé dans un petit tube l'alcool avec du carbanile, nous avons chauffé le tout à 140° pendant 10 heures, puis nous avons abandonné le liquide sirupeux obtenu dans le vide sec. Les cristaux qui se sont formés ont été dissous dans le pétrole (éb. 80°-100°) bouillant, ce qui a permis d'éliminer un peu de diphénylurée; le produit déposé par refroidissement a été dissous dans le minimum de benzène et reprécipité par addition de pétrole. On a ainsi la phényluréthane fondant à 66°-67° (analyse : C, 69,44; H, 6,10).

Mais, si l'on veut caractériser le butinol en question, il est plus simple et plus facile d'en préparer le dérivé triiodé suivant :

Triiodobuténol $CI^2 = CI - CH^2 - CH^2OH$. — On obtient ce corps en précipitant le butinol par le chlorure cuivreux ammoniacal, essorant le précipité jaune obtenu (dont la formation caractérise déjà la présence d'un produit acétylénique vrai), puis délayant le précipité dans une solution d'iode dans l'iodure de potassium et portant le tout progressivement à 100°. Il se forme alors, avec un très bon rendement, un produit presque insoluble dans l'eau froide, qu'on peut extraire à l'éther et redissoudre dans le benzène bouillant, d'où il se précipite bien pur par refroidissement. C'est le triiodobuténol, corps fondant à 112°-113° (analyse : I, 84,03; cryoscopie, 442), se colorant très rapidement en rose sous l'action de la lumière.

C'est bien un alcool, car, en le traitant par le chlorure d'acétyle, on obtient son acétine. On purifie celle-ci en la dissolvant dans un mélange d'acide acétique et d'eau tièdes; par refroidissement, il se dépose des cristaux fondant à 51°-52° (analyse : I, 77,01).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés trihalogénés mixtes du méthane.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Haller.

On ne connaît actuellement que les composés $HCCl^2I$, $HCClBr^2$, $HCFClBr$. J'ai préparé et étudié les produits nouveaux suivants : HCI^2Cl HCI^2Br et $HCIBr^2$.

Iodochloroforme $HCICl^2$ et *chloroiodoforme* HCI^2Cl. — Sérullas [1] puis Bouchardat [2] ont obtenu, en traitant l'iodoforme par le bichlorure de mercure, un

(1) Sérullas, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2e série, t. XXXIV, p. 97.

(2) Bouchardat, *Lieb. Ann.*, t. XXII, p. 233.

liquide bouillant vers 130°, et dans lequel 2[at] de chlore ont remplacé l'iode. C'est l'iodochloroforme $HCICl^2$. Dans cette opération, il se forme toujours du chloroiodoforme qu'on peut obtenir en distillant dans le vide le produit brut de l'opération. Ainsi, en distillant sous 100mm de pression un mélange intime de 700g $HgCl^2$ et 1100g HCI^3, on obtient 670g de distillat qui, par fractionnement sous 30mm, fournit 235g de $HCICl^2$ et 323g de chloroiodoforme pur passant à 88°.

L'*iodochloroforme* $HCICl^2$ bout à 40° sous 30mm et 131° sous 760mm. Sa densité à 0° est 2,41.

Le *chloroiodoforme* HCI^2Cl est un liquide incolore, cristallisable et fusible à —4°; sa densité à 0° est 3,17; il bout à 88° sous 30mm et, en se décomposant, vers 200° sous 760mm. Très instable en présence d'air et à la lumière, il se colore rapidement en violet, par l'iode mis en liberté; en présence d'eau et à l'air, il répand rapidement l'odeur du gaz phosgène; il est probable qu'il se forme alors le composé COICl.

A l'analyse il fournit : 2AgI + AgCl pour 100, calculé 204, trouvé 202. Son poids moléculaire fourni par la cryoscopie dans le benzène a été : trouvé 301, théorie 302,5. En opérant dans les conditions indiquées on obtient environ 3 parties de cet iodure contre 2 parties de l'iodochloroforme; le rendement total des deux est de 96 pour 100 de l'iodoforme employé.

Iodobromoforme $HCIBr^2$. — Bouchardat (*loc. cit.*) a cru obtenir ce composé en traitant l'iodoforme par le brome; en fait, il n'a étudié qu'un mélange de bromoforme et d'iode. Löscher ([1]), en répétant ses expériences, a montré qu'en distillant ce produit dans le vide on n'en retirait que du bromoforme.

On peut préparer facilement l'iodobromoforme en distillant sous 150mm un mélange à parties égales de bromure de mercure et d'iodoforme. Au fractionnement, on obtient, en partant de 800g de mélange, 300g de liquide passant de 80° à 100° sous 25mm, et 85g de produit passant de 100° à 120° sous 25mm et fondant vers 58°-65°.

La partie de tête, fractionnée à nouveau, fournit l'iodobromoforme pur. C'est un composé cristallisé, blanc, fusible à 22°,5, bouillant à 101°-104° sous 50mm et 91° sous 42mm. Il est peu soluble dans l'éther de pétrole à 0°, et cristallise en grandes tables blanches de cette solution. A l'état solide, il est assez stable à la lumière, mais ses dissolutions sont très instables en présence d'air. Soumis à l'action du brome, même à 0° il se transforme en bromoforme. Son poids moléculaire, déterminé par cryoscopie dans le benzène, a été trouvé égal à 306 : théorie 300. A l'analyse, on a obtenu : AgI + 2AgBr pour 100, 201,7; calculé 204.

Bromoiodoforme HCI^2Br. — On le trouve dans les portions de queue de la distillation du produit brut de l'opération précédente; mais, malgré tous mes efforts, il m'a été impossible de l'obtenir pur par ce procédé. Si l'on fractionne la substance par cristallisations successives dans la ligroïne légère (p. éb. 60°-80°), on obtient une série de cristaux mixtes commençant à fondre à 30° et finissant à 115°, sans jamais saisir un produit pur. Il semble à peu près impossible de le débarrasser de l'iodoforme qu'il contient. Par contre, on peut l'obtenir facilement en faisant réagir à froid le brome sur l'iodoforme, en solution dans le tétrachlorure de

---

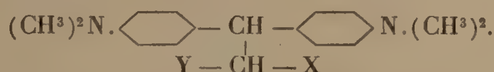
([1]) Löscher, *Deutsch. chem. Gesell.*, t. XXI, p. 410.

carbone. Ainsi, en mélangeant 135^g d'iodoforme avec 80^g de CCl^4, et l'additionnant peu à peu d'une solution de 40^g de brome en 80^g de CCl^4, en opérant à 0° et laissant revenir à + 15° environ après chaque addition, on obtient, en laissant 12 heures en contact, un liquide dans lequel la plus grande partie de l'iode cristallise. On enlève l'iode dissous au moyen d'une solution de sulfite, et, après avoir chassé par distillation le tétrachlorure, on obtient un résidu cristallin formé de bromoiodoforme et d'iodobromoforme. Par cristallisation fractionnée dans la ligroïne légère, il se sépare en beaux cristaux jaunes, hexagonaux, d'odeur sucrée et rappelant en même temps celle de l'iodoforme, et fusibles à 60°. Le point d'ébullition est de 110° sous 25^{mm}. Ce composé, très stable à la lumière, à l'état solide, est extrêmement altérable en solution. Il a fourni à l'analyse : $2AgI + AgBr$ pour 100, calculé 189, trouvé 186. On a trouvé, par cryoscopie dans le benzène : PM 347, calculé 351.

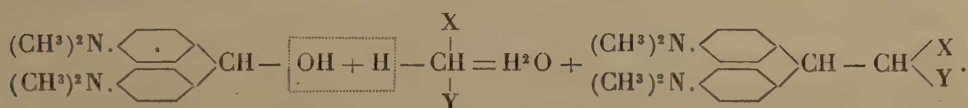
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des combinaisons du tétraméthyldiaminobenzhydrol avec quelques dérivés méthyléniques.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. A. Haller.

Cet alcool s'unit équimoléculairement aux éthers β-cétoniques, aux β-dicétones, au malonate d'éthyle, en produisant 1^{mol} d'eau et une série de substances, précédemment représentées par des formules brutes ([1]).

La formule générale, la plus simple qui puisse leur être attribuée, est la suivante :



Elle découle : de la combinaison de l'oxhydryle de l'hydrol avec 1^{at} d'hydrogène du composé méthylénique et de la soudure des deux radicaux résultants, carbone à carbone :

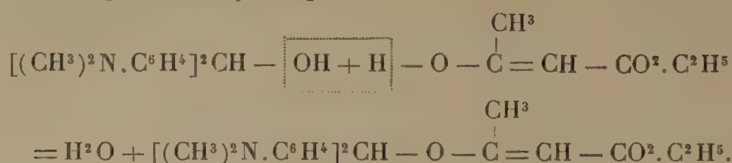


Tous ces corps, traités par la diméthylamine en présence d'acide acétique, brisent très aisément leur molécule; ils donnent naissance au composant méthylénique et à la leucobase du violet cristallisé.

L'aptitude de ces composés à rompre leur molécule pouvait conduire à leur attribuer une formule de constitution en O, résultant de l'élimination de 1^{mol} d'eau entre deux oxhydryles, celui de l'hydrol et celui de la forme

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 643.

énolique du composé méthylénique :

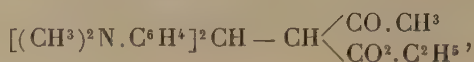


$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH - \boxed{OH + H} - O - \overset{\overset{CH^3}{|}}{C} = CH - CO^2.C^2H^5$$

$$= H^2O + [(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH - O - \overset{\overset{CH^3}{|}}{C} = CH - CO^2.C^2H^5.$$

Les recherches que nous avons poursuivies dans le but d'apprécier la valeur de cette hypothèse nous amènent à poser la conclusion suivante : En milieu *neutre* ou *alcalin*, les combinaisons tétraméthyldiaminobenzhydryl-méthyléniques ne peuvent être considérées comme des dérivés en O.

Le tétramethyldiaminobenzhydryl-acétylacétate d'éthyle $C^{23}H^{30}O^3N^2$ doit être représenté par la formule en C,



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH - CH\begin{cases}CO.CH^3\\CO^2.C^2H^5\end{cases},$$

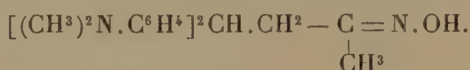
et non par la formule en O,



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2.CH - O - C(CH^3) = CH - CO^2.C^2H^5.$$

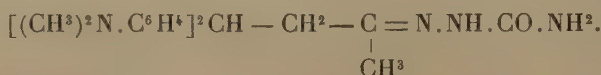
En effet : 1° Il possède une fonction cétone, puisque l'hydroxylamine le transforme en oxime. Si ce corps était un dérivé en O, dépourvu de fonction cétone, il ne pourrait se combiner à l'hydroxylamine, à moins d'une transposition moléculaire de la forme O en forme C. L'*oxime* $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH - CH(CO^2.C^2H^5) - \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} = N.OH$ cristallise en aiguilles. Fusion, bain de Hg, 205°, n.c.

2° Il s'hydrolyse et se décarboxyle, en produisant une nouvelle cétone : la *p²-tétraméthyldiaminobenzhydrylpropanone* $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2 - CO - CH^3$. Aiguilles. Fusion Hg 110°. Cette cétone a été transformée en *oxime*



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} = N.OH.$$

Fusion Hg 136°-137°, n. c.; *semi-carbazone*



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH - CH^2 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} = N.NH.CO.NH^2.$$

Fusion, avec décomposition, Hg, à partir de 185°; *dichlorhydrate*

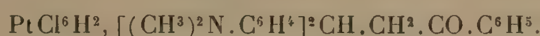


$$[(CH^3)^2.N.C^6H^4]^2.CH.CH^2.CO.CH^3. + 2HCl;$$

chloroplatinate $PtCl^6H^2 + [(CH^3)^2N.C^6H^4]^2.CH.CH^2.CO.CH^3$.

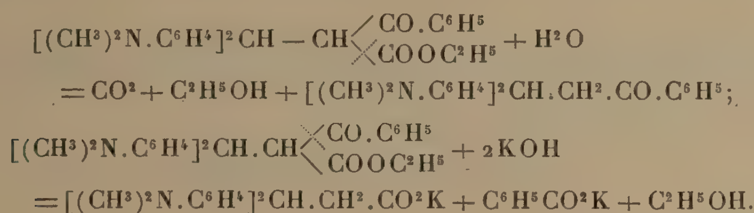
Le *tétraméthyldiaminobenzhydrylbenzoylacétate d'éthyle*, $C^{28}H^{32}O^{3}N^{2}$, possède une formule en C : $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\left\langle\begin{matrix}CO.C^6H^5\\CO^2.C^2H^5\end{matrix}\right.$. Cette constitution repose sur les faits suivants :

1° Ce corps s'hydrolyse et se décarboxyle en produisant une nouvelle cétone : la *tétraméthyldiaminobenzhydrylacétophénone* $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO.C^6H^5$, fines aiguilles brillantes, fondant à 145° n. c. Cette cétone a été transformée en *oxime* $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2-\underset{\underset{C^6H^5}{|}}{C}=N.OH$; *chloroplatinate*



$$PtCl^6H^2, [(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO.C^6H^5.$$

2° Sous l'influence de la potasse alcoolique concentrée, cet éther β-cétonique subit à la fois la rupture cétonique et la rupture acide. Il se dégrade en *tétraméthyldiaminobenzhydrylacétophénone*, acide benzoïque, *acide tétraméthyldiaminobenzhydrylacétique* [1] CO^2 et alcool. La formation de ces corps découle clairement de la formule en C :



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\left\langle\begin{matrix}CO.C^6H^5\\COOC^2H^5\end{matrix}\right.+H^2O$$
$$=CO^2+C^2H^5OH+[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO.C^6H^5;$$
$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH\left\langle\begin{matrix}CO.C^6H^5\\COOC^2H^5\end{matrix}\right.+2KOH$$
$$=[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO^2K+C^6H^5CO^2K+C^2H^5OH.$$

Une formule en O est incompatible avec la production de ces corps, à moins de supposer la tautomérisation du dérivé O en dérivé C.

Tétraméthyldiaminobenzhydrylacétylacétone $C^{22}H^{28}O^{2}N^{2}$. — Nous lui attribuons une formule en C : $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2.CH.CH\left\langle\begin{matrix}CO.CH^3\\CO.CH^3\end{matrix}\right.$, à cause de sa transformation quantitative par la potasse alcoolique en acétate de K et *tétraméthyldiaminobenzhydrylpropanone*



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2-CO.CH^3,$$

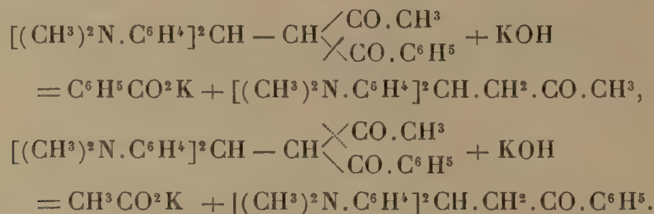
mentionnée ci-dessus. Cette dégradation s'explique aisément avec la formule en C. Avec une formule en O, elle exige une transposition moléculaire.

---

(1) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. CLXIII, p. 914, et t. CXLIV, p. 644.

La *tétraméthyldiaminobenzhydrylbenzoylacétone* $C^{27}H^{30}O^2N^2$ doit être représentée par la constitution : $[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH\Big\langle\begin{matrix}CO.C^6H^5\\ CO.CH^3\end{matrix}$.

En effet, la potasse alcoolique transforme ce corps en deux monocétones, décrites plus haut : la *tétraméthyldiaminobenzhydrylacétone* et la *tétraméthyldiaminobenzhydrylacétophénone.*

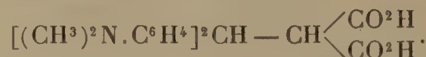


$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\Big\langle\begin{matrix}CO.CH^3\\ CO.C^6H^5\end{matrix}+KOH$$
$$=C^6H^5CO^2K+[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO.CH^3,$$
$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\Big\langle\begin{matrix}CO.CH^3\\ CO.C^6H^5\end{matrix}+KOH$$
$$=CH^3CO^2K+[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO.C^6H^5.$$

Ces transformations découlent aisément de la formule en C. Elles sont inexplicables avec une formule en O, à moins de supposer la tautomérisation préalable de la forme O en forme C.

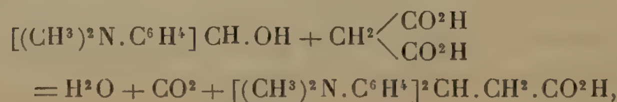
L'hypothèse d'une formule en O ne peut être prise en considération pour l'*acide tétraméthyldiaminobenzhydrylmalonique* et ses *dérivés,* déjà décrits.

Sa formule de constitution est la suivante :



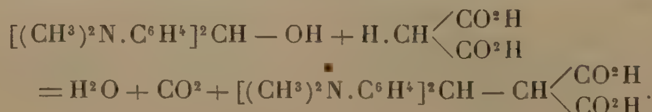
$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\Big\langle\begin{matrix}CO^2H\\ CO^2H\end{matrix}.$$

Nous avons d'abord obtenu cet acide en partant du tétraméthyldiaminobenzhydrylmalonate d'éthyle, provenant lui-même de l'action de l'hydrol sur l'éther malonique. On peut directement le produire ; suivant les conditions de l'expérience, l'acide malonique et l'hydrol donnent naissance soit à l'acide tétraméthyldiaminobenzhydrylacétique, réaction déjà signalée (1),



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]CH.OH+CH^2\Big\langle\begin{matrix}CO^2H\\ CO^2H\end{matrix}$$
$$=H^2O+CO^2+[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH.CH^2.CO^2H,$$

soit à l'acide tétraméthyldiaminobenzhydrylmalonique, réaction nouvelle,



$$[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-OH+H.CH\Big\langle\begin{matrix}CO^2H\\ CO^2H\end{matrix}$$
$$=H^2O+CO^2+[(CH^3)^2N.C^6H^4]^2CH-CH\Big\langle\begin{matrix}CO^2H\\ CO^2H\end{matrix}.$$

(1) R. Fosse, *Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 914.

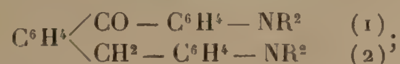
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques colorants orthobenzylés du triphénylméthane.* Note de MM. A. **Guyot** et P. **Pignet**, présentée par M. A. Haller.

On sait que toute substitution en ortho vis-à-vis du carbone méthanique d'un colorant du type du vert malachite confère au produit résultant une résistance aux alcalis, variable avec la nature du groupe substituant, mais indépendante du caractère positif ou négatif de ce groupe; la tendance actuelle est d'expliquer cette action protectrice des groupes ortho-substituants par une influence d'ordre stérique qui imprimerait une stabilité spéciale au complexe quinonique auquel est due la coloration.

En admettant cette interprétation, on peut prévoir que les radicaux substituants à poids moléculaires élevés exerceront une action très prononcée et conduiront à des colorants présentant à ce titre un intérêt tout particulier.

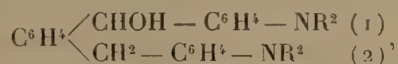
Nous nous sommes proposé de vérifier ces prévisions; il nous était facile de préparer des colorants du triphénylméthane-*o*-benzylé en nous adressant à des composés tels que :

Les tétraalcoyldiamido-*o*-benzoylbenzylbenzènes,



$$C^6H^4\begin{cases}CO - C^6H^4 - NR^2 & (1)\\ CH^2 - C^6H^4 - NR^2 & (2)\end{cases};$$

Les tétraalcoyldiamido-*o*-benzhydrylbenzylbenzènes,



$$C^6H^4\begin{cases}CHOH - C^6H^4 - NR^2 & (1)\\ CH^2 - C^6H^4 - NR^2 & (2)\end{cases},$$

dont nous avons donné la préparation dans une précédente Communication [1]. Ces nouveaux composés se condensent, en effet, sans difficulté, comme l'hydrol et la kétone de Michler, avec les amines les plus diverses, et conduisent ainsi à des verts malachites *o*-benzylés ou à leurs leucodérivés.

Conformément aux prévisions, tous les colorants ainsi préparés ont présenté une résistance remarquable aux alcalis, et des mesures comparatives,

(1) Guyot et Pignet, *Comptes rendus*, 1908.

faites avec le degré de précision qu'on peut demander à ce genre de recherches, nous ont montré que l'action protectrice d'un groupement *o*-benzylé est sensiblement du même ordre de grandeur que celle d'un groupement *o*-sulfoné.

Tétraméthyldiamidotriphénylcarbinol-o-diméthylamidobenzylé :



$$(CH^3)^2N - C^6H^4 - CH^2 - C^6H^4 - COH = [C^6H^4 - N(CH^3)^2]^2.$$

A 14^g de tétraméthyldiamido-*o*-benzoylbenzylbenzène dissous dans 20^g de diméthylaniline on ajoute en une seule fois un mélange de 15^g d'oxychlorure de phosphore et de 5^g de diméthylaniline, et l'on chauffe 1 heure à 100°. La condensation est alors terminée; il suffit de verser le produit de la réaction dans environ 1^l d'eau froide, et d'additionner peu à peu la liqueur bleue ainsi obtenue d'une solution concentrée de chlorure de zinc pour isoler le colorant sous forme de petits cristaux mordorés constitués par un chlorozincate répondant bien à la formule $C^{32}H^{36}N^3Cl^3Zn$.

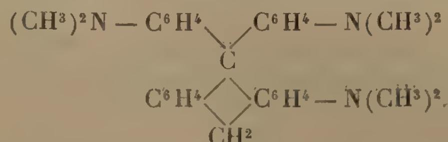
En remplaçant dans la préparation précédente le chlorure de zinc par le nitrate de potassium, on obtient de beaux cristaux à reflets cuivrés, d'un nitrate double du colorant et de potassium, $C^{32}H^{36}N^5O^6K$. Ce nitrate est soluble sans altération dans l'alcool absolu d'où l'éther le reprécipite à l'état cristallisé. Nous avons préparé de même un nitrate double du colorant et de sodium. Cette aptitude à former des nitrates doubles avec les métaux alcalins est commune à tous les colorants du groupe; elle est assez inattendue, car on n'observe rien de semblable, à notre connaissance, avec les colorants ordinaires du triphénylméthane.

Il ne nous a pas été possible de saisir à l'état cristallisé la base carbinolique correspondante; la leucobase, $C^{32}H^{37}N^3$, fines aiguilles blanches fondant à 162°, se prépare au contraire très facilement, soit par réduction du colorant au moyen du zinc et de l'acide chlorhydrique, soit par condensation directe de la diméthylaniline avec le tétraméthyldiamido-*o*-benzhydrylbenzylbenzène :



$$(CH^3)^2N - C^6H^4CH^2 - C^6H^4 - CHOH - C^6H^4 - N(CH^3)^2.$$

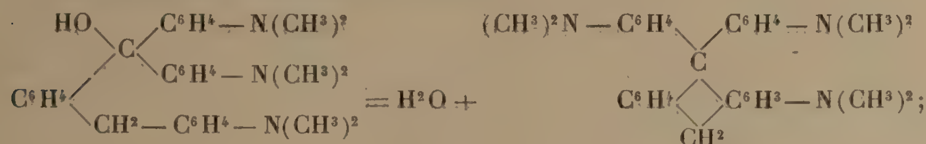
Hexaméthyltriamido-2, 13, 13'-*diphényl*-9, 9-*dihydroanthracène*



Tous les colorants amidés du triphénylméthane se dissolvent dans l'acide

sulfurique concentré avec la coloration rouge orangé du triphénylcarbinol lui-même. Cette coloration, qui est indépendante du nombre et de la nature des auxochromes, comme si ces derniers s'effaçaient en milieu sulfurique concentré, semble bien caractéristique de la présence de l'hydroxyle carbinolique.

Le colorant précédent ne fait pas exception à cette règle, mais la liqueur rouge orangé qu'il donne avec l'acide sulfurique concentré ne tarde pas à se décolorer. C'est qu'en effet, sous l'influence de l'acide, le produit a perdu 1^{mol} d'eau aux dépens de l'hydroxyle carbinolique et subi une condensation anthracénique représentée par l'équation



l'hexaméthyltriamidodihydroanthracène $C^{32}H^{35}N^3$ qu'on obtient ainsi se présente sous forme d'une poudre cristalline blanche, fondant vers 175°, soluble sans coloration dans les acides minéraux étendus.

En remplaçant dans la préparation du colorant précédent la diméthylaniline par la diéthylaniline, ou inversement le tétraméthyldiamidobenzoylbenzylbenzène par le diéthylamidodiméthylamidobenzoylbenzylbenzène $(CH^3)^2N - C^6H^4 - CH^2 - C^6H^4 - CO - C^6H^4 - N(C^2H^5)^2$, nous avons obtenu un seul et même colorant, comme on pouvait le prévoir, homologue du précédent, que nous avons isolé sous forme de chlorozincate $C^{34}H^{40}N^3Cl^3Zn$, et de nitrates doubles de sodium $C^{34}H^{40}N^5O^5Na$ et de potassium $C^{34}H^{40}N^5O^6K$. Son leucodérivé $C^{34}H^{41}N^3$ fond à 107°.

Condensé dans les mêmes conditions avec la diéthylaniline, le diéthylamidodiméthylamidobenzoylbenzylbenzène nous a conduit au vert brillant *o*-diméthylamidobenzylé, dont nous avons analysé les nitrates doubles de potassium $C^{36}H^{44}O^6N^5K$ et de sodium $C^{36}H^{44}O^6N^5Na$. Le leucodérivé correspondant $C^{36}H^{45}N^3$ fond à 118°.

ZOOLOGIE. — *Sur la cytologie du labyrinthe rénal des Thysanoures.* Note de M. L. Bruntz, présentée par M. Yves Delage.

J'ai montré (1904) que les régions glandulaires du *rein labial* des Thysanoures sont : 1° le *saccule* qui élimine le carmin ammoniacal injecté, et 2° le *labyrinthe* qui élimine le carmin d'indigo.

Chez *Machilis maritima* (¹), le labyrinthe est un long tube pelotonné qui s'ouvre, d'une part, dans le saccule, d'autre part, au dehors par l'intermédiaire d'un canal excréteur.

Au point de vue histologique, le labyrinthe est formé d'un épithélium sécréteur reposant sur une membrane basale. Cette membrane est doublée extérieurement par des fibrilles de soutien d'origine épidermique. En divers points, elles réunissent le labyrinthe au saccule et ces deux formations aux téguments. Ces fibrilles anastomosées sont généralement orientées dans le sens de l'axe du labyrinthe et faciles à mettre en évidence à l'aide de quelques colorants, l'hématoxyline ou le violet de gentiane, par exemple.

L'épithélium se présente avec un aspect variable suivant la période sécrétoire considérée; mais, dans cette Note préliminaire, je ne désire signaler qu'une des phases de l'activité cellulaire qui me semble correspondre à l'élaboration du produit de sécrétion.

A ce stade d'activité, l'épithélium apparaît comme un syncytium; mais, si l'on ne peut apercevoir les membranes des cellules, on peut néanmoins délimiter les territoires cellulaires, grâce à la présence, sur les coupes, de granules chromatiques correspondant aux *Kittleisten*.

Les cellules épithéliales sont très différenciées. Il existe une bordure en brosse recouvrant le toit cellulaire et limitant la lumière du canal. Cette bordure en brosse est plus ou moins haute (de 1^{μ} à 5^{μ}) et repose sur une portion du cytoplasme électivement colorable par le violet de gentiane (série de granules chromatiques?). Sous la brosse, le cytoplasme forme une couche mince finement vacuolaire et granuleuse dans laquelle se trouvent placés de gros noyaux (10^{μ}) quelquefois plurilobés et pourvus d'un gros ou de plusieurs petits nucléoles plasmatiques.

La partie principale du cytoplasme, reposant sur la membrane basale, est formée de bâtonnets serrés, sensiblement parallèles les uns aux autres et faciles à mettre en évidence par la laque d'hématoxyline ferrique ou cuivrique.

Tel que je viens de le décrire, *l'épithélium du labyrinthe présente*, dans ses plus fins détails, *la structure de la cellule rénale*, structure que les professeurs Prenant et Bouin (1904), synthétisant les résultats de divers auteurs, caractérisent par : 1° une *bordure en brosse* revêtant la surface libre de la cellule, et 2° la *décomposition du cytoplasme de la portion basale en filaments ou bâtonnets électivement colorables*.

Ainsi que le revèlent les injections physiologiques et comme le prouve l'étude de préparations histologiques, les Thysanoures possèdent donc bien, contrairement à l'opinion classique, de véritables reins analogues à ceux des autres Arthropodes.

(¹) Provenant du laboratoire maritime de Roscoff.

Du fait que j'ai découvert des organes éliminant le carmin d'indigo et présentant la structure rénale, on peut conclure que, contrairement aux dires de certains auteurs, *la méthode des injections physiologiques de liquides colorés dans la cavité générale conduit véritablement à la découverte des organes excréteurs.*

BIOLOGIE. — *Biologie d'un* Rhabdocœle *parasite du* Cardium edule *L.* Note de M. **Paul Hallez**, présentée par M. Yves Delage.

Les *Cardium edule*, à Le Portel et à Dannes-Camiers, ont un *Rhabdocœle* parasite dont je ferai connaître l'anatomie et l'embryogénie. Je me propose dans cette Note de donner quelques indications sur sa biologie. C'est un Vorticide qui présente de grandes affinités avec les *Graffilla* et doit être très voisin du parasite de *Tellina* auquel Graff a attribué le nom de *Provortex tellinæ.* Je dois le ranger dans un genre nouveau; je le nomme *Proderostoma cardii.* Sa taille ne dépasse pas 1^{mm}.

Le nombre des *Cardium* parasités est de 44 pour 100 à Le Portel et de 67 pour 100 à Dannes-Camiers. *Pr. cardii* vit dans l'estomac de son hôte, dans le voisinage de l'œsophage, où il exécute des mouvements de rotation sur place. Il produit un grand nombre (certainement plus de 70) de cocons à coque molle qui sont logés dans le tissu conjonctif et contiennent chacun 1 à 3 œufs, le plus souvent 2. Ces cocons sont disposés ventralement et latéralement sur 2 à 7 rangées longitudinales; les cocons les plus postérieurs sont ceux qui renferment les embryons les plus avancés dans leur développement. L'éclosion des embryons se fait donc normalement à l'extrémité du corps maternel; les petits se trouvent alors dans les mailles du tissu mésenchymateux; ils perforent les téguments de leur mère et deviennent libres dans l'estomac du *Cardium*, d'où ils gagnent l'intestin de celui-ci et sortent par le siphon anal.

Le pore génital du parasite ne sert que pour l'accouplement. Cet orifice, situé un peu en arrière du pharynx, est en relation avec la vésicule séminale par l'intermédiaire du pénis et avec un atrium mâle. Celui-ci communique en arrière, par un étroit canal, avec l'atrium femelle d'où partent deux canaux (oviductes) qui aboutissent aux ovaires; deux vitelloductes viennent déboucher au même point. Le canal atrial et l'atrium femelle reçoivent le produit de nombreuses glandes coquillières; il n'y a pas de bourse séminale.

Contrairement à ce qui se passe ordinairement, les oviductes ne charrient pas les

ovules; ils ne servent qu'à amener aux ovaires les spermatozoïdes et le produit des glandes coquillières. Les cocons se forment au niveau des deux oviductes et restent en place jusqu'à ce que de nouveaux cocons et les contractions du corps chassent les premiers plus en arrière, et ainsi des autres cocons qui sont séparés les uns des autres par une mince couche de tissu conjonctif. Il se forme ainsi deux rangées ventrales. Lorsque celles-ci atteignent l'extrémité postérieure du corps, deux nouvelles rangées latérales, puis deux autres encore se constituent et les cocons, s'accumulant toujours, se disposent enfin comme ils peuvent. Quand il n'y a plus de place en arrière des oviductes, les cocons nouvellement formés sont refoulés en avant. Les embryons qui sortent de ces derniers, éprouvant une résistance trop grande de la part des organes génitaux pour atteindre les téguments, perforent la paroi intestinale de la mère et, par l'intestin, gagnent la partie postérieure où ils peuvent traverser les téguments sans difficulté.

Les coques vides, recroquevillées et réduites à leur plus simple expression par l'élasticité et la régénération du tissu mésenchymateux, restent dans le tissu conjonctif; elles ne sont pas phagocytées.

Les embryons, qui à l'éclosion sont encore pourvus de balles vitellines et n'ont que les ébauches, nullement différenciées, des organes génitaux, séjournent quelques jours dans l'intestin du *Cardium*. Au moment de l'éclosion, ils mesurent $0^{mm},084$ à $0^{mm},088$. Quand ils sortent de l'intestin ils ont une longueur de $0^{mm},350$ à $0^{mm},400$ et tous les organes sont développés. L'accouplement a lieu tantôt dans l'intestin du *Cardium*, tantôt pendant la période de vie libre. La production des cocons commence immédiatement après l'accouplement, parfois même déjà avant la sortie de l'intestin. Dès qu'ils se sont accouplés, les jeunes se hâtent de pénétrer dans l'estomac d'un autre *Cardium*.

Pr. cardii est donc, selon la règle, hermaphrodite protérandre, mais les organes mâles ne s'atrophient pas, comme chez *Graffilla buccinicola*, à mesure que les organes femelles entrent en fonction. Ici, les testicules ne cessent pas de produire des spermatozoïdes pendant toute la vie.

Je ne sais pas s'il se produit des accouplements successifs dans l'estomac de l'hôte. S'il n'y a qu'un seul accouplement, et la chose me paraît certaine pour les parasites solitaires, c'est-à-dire dans 45 pour 100 des cas, il ne serait pas impossible qu'il y eût des autofécondations succédant à un accouplement croisé; l'anatomie montre qu'il n'y a aucune impossibilité à ce que les spermatozoïdes passent de la vésicule séminale dans l'atrium femelle. En tout cas tous les œufs sont fécondés.

Les parasites extraits de l'estomac refusent obstinément de pénétrer dans un autre *Cardium*, soit par la fente pédieuse, soit par le siphon branchial, d'où l'on peut conclure qu'une fois installés dans l'estomac de leur hôte, ils

y achèvent leur vie sans émigrer de nouveau. D'ailleurs les parasites extraits de l'estomac meurent généralement au bout de quelques heures, tandis que les jeunes vivent plusieurs jours dans l'eau de mer.

Pendant toute l'année on trouve des adultes dans l'estomac et des jeunes dans l'intestin des *Cardium*.

PHYSIOLOGIE. — *De l'action des rayons X sur l'évolution de la glande mammaire pendant la grossesse chez la lapine.* Note de MM. **Cluzet** et **Bassal**, présentée par M. Bouchard.

Technique. — Les rayons X étaient donnés par une bobine Carpentier de 35^{cm} d'étincelle avec rupteur atonique; le courant primaire avait 20 volts et 3,5 ampères, le courant secondaire 0,4 milliampère; l'étincelle équivalente au tube radiogène (à osmorégulateur) avait une longueur de 10^{cm} à 12^{cm} et les rayons X correspondaient aux n°s 7 ou 8 du radiochronomètre. Dans ces conditions, le virage d'une pastille de platinocyanure de baryum placée à 8^{cm} de l'anode se produisait au bout de 20 minutes. L'anode était placée à 15^{cm} du mamelon et la durée d'exposition était de 30 minutes, durée suffisante pour produire les effets que nous signalons.

Expériences. — A. Aspect général, grossissements faibles et moyens.

a. Glandes de primipares.

1. *Mamelle irradiée le troisième jour de la gestation, examinée le huitième jour.* — Les culs-de-sac sont à peine ébauchés, peu nombreux et volumineux, comme dans une mamelle dont les acini commenceraient à se former.

2. *Mamelle irradiée le huitième jour de la gestation, examinée le quinzième jour.* — La différence entre cet organe et la glande témoin est évidente à première vue; la structure répond sensiblement à celle d'une glande normale du huitième jour.

3. *Mamelle irradiée la veille de la fécondation, examinée le quatorzième jour de la gestation.* — Cette glande diffère beaucoup de l'organe témoin et se trouve à peu près au même degré de développement que la mamelle 1, c'est-à-dire à un stade répondant aux premiers débuts de la grossesse.

4. *Mamelle irradiée partiellement le quinzième jour de la gestation, examinée le vingt-cinquième jour.* — La portion irradiée diffère d'une manière frappante de la partie saine : les acini sont à peine formés, à culs-de-sac gros, rares et distants, comme dans une glande de la première semaine.

5. *Mamelles examinées à terme.* — A ce stade, l'irradiation produit des effets dissemblables suivant qu'elle est faite vers la fin de la gestation ou au contraire à une époque éloignée du terme : 1° Dans les mamelles irradiées respectivement le trente et

unième, le vingt-cinquième ou le vingt et unième jour de la grossesse le tissu conjonctif interposé aux culs-de-sac est plus abondant, simulant une sorte de sclérose intralobulaire; les vésicules sont revenues sur elles-mêmes et semblent subir une atrophie d'autant plus marquée que l'application des rayons X a été faite plus tôt. 2° Tout autre est l'aspect des glandes irradiées respectivement le quinzième, le huitième ou le troisième jour de la gestation. Ici, le parenchyme sécréteur fait entièrement défaut; il n'y a plus d'acini, mais seulement de gros canaux anfractueux et plus ou moins dilatés. Le contraste est saisissant sur les pièces provenant de glandes irradiées partiellement où l'on peut voir sur la même coupe, d'une part des lobules en pleine lactation, de l'autre la glande réduite à ses conduits collecteurs.

6. *Mamelles examinées dix jours après la parturition.* — Ces glandes se comportent comme celles de la série 5. 1° Deux glandes irradiées, l'une le septième jour après la mise-bas, l'autre le vingt-septième et le trente-quatrième jour de la gestation et le septième jour après la parturition ne diffèrent que faiblement, à première vue, de la glande normale. 2° Trois autres mamelles ont été irradiées : la première les quinzième, vingt-deuxième et trente et unième jour de la grossesse, ainsi que le premier et le septième jour après la mise-bas; la seconde, le septième jour de la gestation; la troisième, les septième, quatorzième, vingt et unième, vingt-huitième et trente-quatrième jours de la grossesse. Toutes trois sont absolument dépourvues d'acini et ne présentent que des canaux excréteurs.

b. Glandes de multipares.

1. *Mamelles du neuvième jour de la gestation.* — La fin de la lactation précédente ne remontant qu'à deux mois, la glande normale montre une avance notable sur celles des lapines primipares de la même époque. Une glande irradiée le septième jour et examinée le neuvième ne diffère que peu de l'organe témoin. Une autre irradiée le deuxième jour et examinée le neuvième présente une augmentation sensible du tissu conjonctif intralobulaire.

2. *Mamelles du quinzième jour.* — La glande normale, ayant eu une période de repos beaucoup plus prolongée, est relativement peu avancée et ressemble à celles des primipares. Une glande irradiée le troisième jour et examinée le quinzième est manifestement retardée dans son évolution. Les lobules sont à peine formés et constitués par de larges diverticules peu nombreux et assez distants les uns des autres, comme chez les lapines primipares de la première semaine.

3. *Mamelles à terme.* — Une glande irradiée le dix-huitième et le vingt-cinquième jour de la gestation et examinée à terme offre un retard bien net sur l'organe témoin; les lobules sont moins volumineux; les cloisons connectives qui les séparent sont élargies ainsi que celles du stroma des acini. Ces modifications sont plus prononcées sur une mamelle qui avait été irradiée les quatrième, onzième, dix-huitième et ving-cinquième jours de la grossesse.

B. Lésions élémentaires.

Les cellules épithéliales irradiées présentent une affinité moindre pour les substances colorantes. Aussi bien dans le revêtement des culs-de-sac que dans celui des canaux, on trouve çà et là, isolés ou par groupes, et en nombre variable des noyaux très gros, pauvres en chromatine et mesurant jusqu'à 23^{μ}.

Conclusions. — En résumé, l'évolution de la mamelle peut être entravée à tous les stades par l'application des rayons X. Celle-ci produit son maximum d'effet lorsqu'elle est faite au cours de la première quinzaine ou peu avant la fécondation. On obtient alors un arrêt complet dans le développement du parenchyme sécréteur et même une régression des acini déjà formés, si bien qu'il ne subsiste que les canaux collecteurs. Lorsqu'on irradie dans la deuxième moitié de la gestation, les phénomènes sont moins marqués et analogues à ceux que nous avons décrits précédemment chez les femelles de cobaye (Cluzet et Soulié, *Soc. de Biol.*, 1907).

Il suffit d'employer des rayons X de pénétration moyenne et de faire une seule exposition de 30 minutes qui ne détermine pas de dermite apparente.

PHYSIOLOGIE. — *De l'arrêt et du séjour prolongé du sulfate de radium dans les tissus vivants.* Note de MM. **H. Dominici** et **Faure-Beaulieu**, présentée par M. Bouchard.

Le professeur Bouchard et le docteur Balthazard ont démontré, en 1906, que l'introduction, dans la cavité péritonéale des cobayes, de sacs de collodion contenant 2g de sulfate de baryum radifère d'activité 5000, était suivie de modifications d'ordre physiologique capables d'entraîner la mort dans un bref délai.

Ces résultats importants nous ont engagés à étudier l'action des sels de radium sur les tissus vivants, et notre premier soin fut de chercher à en obtenir l'arrêt et le séjour prolongé dans l'organisme de l'homme et des animaux. A cet effet, nous avons employé du sulfate de radium à l'état de particules microscopiques en suspension dans une solution saline isotonique au milieu sanguin de la plupart des Mammifères [1].

Ce mélange a été injecté :

1° Dans les veines marginales de l'oreille de lapins adultes;
2° Dans l'appareil trachéobronchique d'autres lapins;

---

[1] M. Jaboin, docteur en Pharmacie, a bien voulu préparer ce mélange par précipitation du sulfate de radium sous la forme d'une poudre impalpable dont les éléments examinés au microscope se présentent comme de petits corps ovoïdes, très réfringents, de dimensions oscillant autour de celles des hématies humaines, inférieures à celles des grands leucocytes mononucléaires.

3° Dans les interstices du tissu conjonctif de l'oreille du lapin, ou de membres humains destinés à être enlevés chirurgicalement;

4° Dans le parenchyme de la rate du lapin.

Si nous avons utilisé le sulfate de radium, c'est en qualité de sel insoluble dont les particules solides nous semblaient devoir être arrêtées soit dans les capillaires sanguins, soit dans les espaces lymphatiques, malgré leur extrême petitesse.

Ces prévisions ont été confirmées dans tous les cas où nous avons pratiqué la recherche du radium, quelles que fussent les dates des injections et celles des prélèvements.

Ces prélèvements ont été au nombre de huit, et ont été réalisés dans les conditions suivantes :

1° Autopsie de quatre des lapins ayant reçu du sulfate de radium pur ou mélangé à du sulfate de strontium dans les veines marginales de l'oreille;

2° Autopsie de l'un des lapins dans l'appareil trachéobronchique duquel avait été instillé du sulfate de radium;

3° Prélèvement : *a*. De la moitié de l'oreille d'un lapin dans le tissu cellulaire de laquelle on avait injecté $0^{mg},015$ de sulfate de radium;

b. De 40^{g} du tissu musculaire du quadriceps d'un homme dans la cuisse duquel on avait injecté $0^{mg},18$ de sulfate de radium avant opération pour ostéomyélite grave;

4° Prélèvement de 60^{cg} de la rate d'un lapin dans le parenchyme de laquelle on avait injecté $0^{mg},01$ de sulfate de radium.

De tous les procédés employés pour la recherche du radium dans les tissus, la calcination de ceux-ci, suivie de l'emploi du quartz piézo-électrique et de l'électromètre de Curie, a paru le plus simple et le plus constant (Baudoin).

L'ensemble des résultats est le suivant :

1° La présence du sulfate de radium fut constamment décelée dans le *tissu pulmonaire* des lapins, dans la veine marginale de l'oreille desquels on avait injecté ce corps, quelle qu'en fût la dose (de $0^{mg},001$ à $0^{mg},050$), quelle que fût la date de mise à mort des animaux (de 7 jours à 67 jours après l'expérience).

Chez tous ces animaux, on retrouva le radium, non seulement dans le poumon, mais encore dans le rein, à l'exclusion des autres organes (exception faite de deux cas où l'on constata la présence de ce corps dans le foie et l'intestin et d'un cas où elle fut décelée dans le foie à l'exclusion de l'intestin). Dans trois cas, la radioactivité du tissu pulmonaire l'emportait manifestement sur celle du tissu rénal. La proportion était renversée pour le quatrième lapin; mais il est à remarquer que ce cas fut celui où le délai

fut le plus considérable entre l'injection du radium et la mise à mort de l'animal (67 jours).

En ce qui concerne le lapin dont le *foie* et l'*intestin* étaient radioactifs, après injection intraveineuse, deux faits sont à noter :

En premier lieu, l'activité des tissus hépatique et intestinal était moindre que celle des tissus pulmonaire et rénal ;

D'autre part, la quantité de sulfate de radium injectée était relativement considérable ($0^{mg},05$) ;

2° Le poumon du lapin dans l'*appareil trachéobronchique* duquel avait été injecté le sulfate de radium ($0^{mg},01$) était nettement radioactif à l'exclusion des autres viscères (mise à mort 18 jours après l'expérience).

3° Le résidu de la calcination de l'*oreille* d'un lapin qui avait reçu $0^{mg},015$ de sulfate de radium était nettement radioactif (l'oreille avait été enlevée 43 jours après l'injection).

4° Le produit de la calcination du *tissu musculaire* de l'homme auquel fut injecté le sulfate de radium était extrêmement radioactif, bien que l'opération eût été pratiquée 12 jours après la dernière injection.

5° Le *parenchyme splénique* d'un lapin tué 13 jours après l'injection dans la rate de $0^{mg},01$ de sulfate de radium présentait une radioactivité extrêmement intense.

Conclusion. — Le sulfate de radium injecté dans l'organisme des animaux ou de l'homme est arrêté dans les tissus vivants, où il séjourne pendant une durée pouvant atteindre au moins 67 jours.

Les principales zones d'arrêt sont :

1° Après injection dans le système veineux, le réseau capillaire sanguin du poumon, et, consécutivement, le réseau capillaire du rein ;

2° Après injection dans l'appareil trachéobronchique, les interstices lymphatiques du parenchyme pulmonaire ;

3° Après injection dans le tissu cellulaire sous-cutané ou le tissu musculaire strié, les interstices lymphatiques de ces tissus ;

4° Après injection dans la rate, le parenchyme splénique.

La persistance du sulfate de radium dans la rate démontre que l'arrêt de ce corps dans les tissus vivants ne ressortit pas à un processus banal d'embolie, étant donnée la disproportion existant entre les grandes dimensions des lacunes veineuses de la rate et des veinules spléniques, d'une part, la petitesse des grains de sulfate de radium, d'autre part.

On ne doit pas non plus l'attribuer à l'obstacle apporté à l'élimination

du sel insoluble par les épithéliums d'organes excréteurs, mais à l'arrêt de ses particules :

1° Dans les réseaux capillaires sanguins et dans les interstices lymphatiques des organes les plus variés, où ils sont en partie inclus dans les macrophages de Metchnikoff;

2° A leur incarcération dans les éléments fixes du tissu conjonctif.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la théorie de l'excitation électrique.* Note de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. Dastre.

Nernst, en 1899, cherchant une explication de l'inefficacité physiologique des courants alternatifs à grande fréquence, fut amené à considérer l'excitation électrique comme dépendant de la polarisation des membranes cellulaires, qui sont hémiperméables. J'ai essayé l'année dernière de traiter quantitativement, suivant une conception dérivée de celle de Nernst, l'excitation par un passage unique de courant constant. Nernst vient de reprendre lui-même ce dernier problème ([1]). En suivant chacun une voie différente, nous arrivons à deux théories approximatives, dont les défauts sont pour ainsi dire complémentaires.

Théorie fondée sur le schéma d'un condensateur à fuite. — Une membrane hémiperméable laisse passer certains ions et non certains autres; sous l'influence d'un champ électrique ces derniers s'accumulent et donnent une polarisation, les autres conduisent le courant d'une façon permanente.

Pour traduire ce double phénomène, considérant surtout le point de vue électrique, j'ai supposé un condensateur de capacité K dont les lames seraient en communication permanente à travers une résistance ρ; si l'on met d'autre part ces lames en communication à travers une résistance R avec les pôles d'une pile de force électromotrice V, on trouve par le calcul qu'au temps t après la fermeture de ce circuit de charge le condensateur sera chargé à un potentiel

$$v = V \frac{\rho}{R+\rho}\left(1 - e^{-t\frac{R+\rho}{KR\rho}}\right).$$

([1]) Nernst, *Götting. Nachricht., Math. Phys. Cl.*, 1899, p. 104. — *Zeitsch. für Elektrochemie,* 1904, p. 665. — Lapicque, *Soc. de Biol.*, 13 avril et 6 juillet 1907. — *Journ. de Physiol. et de Path. gén.*, 1907, p. 365 et 620. — Nernst, *Acad. des Sciences de Berlin*, 16 janvier 1908. — *Archives de Pflüger*, t. CXXII, p. 275.

Posons que le seuil de l'excitation sera atteint quand v aura une valeur fixe; nous trouvons que l'intensité *i liminaire* (juste nécessaire pour atteindre le seuil) sera donnée en fonction de t par une expression de la forme

$$i = \frac{\alpha}{1 - e^{-\beta t}}.$$

Telle est la formule que j'ai proposée *comme première approximation* pour la loi d'excitation en faisant remarquer expressément qu'elle n'embrassait pas toute la complexité du phénomène.

Théorie fondée uniquement sur la diffusion. — Nernst considère le changement dans la concentration de l'ion (ou du sel) qui ne traverse pas la membrane. La membrane est traitée comme une barrière absolue contre laquelle le courant vient, dans chaque unité de temps, déposer, par unité de surface, une certaine quantité de substance qui diffuse en sens inverse. L'équation différentielle de la diffusion étant la même que celle de la propagation de la chaleur, on peut se servir des intégrales établies pour ce dernier cas. Nernst obtient ainsi pour le changement de concentration C en fonction de la distance x à la membrane et du temps t depuis lequel passe le courant constant ($D =$ coefficient de diffusion, i, intensité du courant, m, constante) l'expression

$$C = 2mi\sqrt{\frac{t}{D}}f(y)$$

avec

$$y = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \qquad \text{et} \qquad f(y) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}e^{-y^2} - y\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_y^{\infty} e^{-z^2}\,dz.$$

A la membrane même, c'est-à-dire pour $x = 0$, $f(y)$ se réduit à $\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$ et

$$C = im\sqrt{\frac{t}{\pi D}}.$$

Posons que le seuil de l'excitation est atteint quand en ce point $C = k =$ const.; l'expression de l'intensité liminaire pour une durée de passage t sera de la forme $i = \frac{k}{\sqrt{t}}$.

Telle est la formule proposée par Nernst.

Comparaison des théories avec la loi expérimentale. — Depuis plusieurs années, j'étudie cette loi expérimentale sur des objets divers et dans des conditions diverses. Je crois maintenant connaître avec précision sa forme générale : celle-ci n'est pas simple; on peut rendre graphiquement sensibles ses détails intéressants en figurant, au lieu de la courbe i des intensités liminaires, la courbe it en fonction de la durée t. Dans une certaine partie moyenne, la courbe coïncide sensiblement avec la loi empirique antérieure-

ment proposée par Weiss, $it = a + bt$; elle s'incurve au-dessus de cette droite pour les temps un peu longs et au-dessous pour les temps très courts (cette dernière partie étant difficilement visible sur les nerfs et muscles rapides).

Ma formule rend compte très bien de l'inflexion à concavité supérieure; elle réalise cette condition essentielle que i tend rapidement vers une constante quand t grandit, mais elle donne des valeurs trop fortes quand t est très petit.

Avec la formule de Nernst, la fonction it est de la forme $K\sqrt{t}$, c'est-à-dire qu'elle est, en toutes ses parties, concave vers l'axe des t; elle rend compte ainsi de l'inflexion relative aux temps très courts, mais elle ne s'ajuste convenablement à aucune partie de l'expérience sur les nerfs rapides (ici les valeurs de i relatives aux temps courts sont intermédiaires aux deux formules); et i tend vers zéro quand t grandit indéfiniment.

On voit donc qu'une théorie complète doit tenir compte et de la diffusion et d'un autre phénomène tel que celui que j'ai représenté par une dérivation.

Principe d'une théorie nouvelle. — Mais la connaissance précise de la diffusion, comme nous la donne la belle étude de Nernst, permet de faire entrer dans la théorie un élément nouveau qui va prendre une importance considérable (je garde les formules de Nernst comme approximation de la théorie complète, dont l'expression mathématique serait, il me semble, d'une complication excessive).

Posons qu'au lieu de la valeur du phénomène à la membrane, ce qui importe c'est la *différence de concentration entre deux plans séparés par une distance* Δx, ou, pour simplifier, entre x_0 et x_1. Cette différence $C_0 - C_1$ nous sera donnée par l'expression

$$2im\sqrt{\frac{t}{D}}\left[\frac{1}{2\sqrt{\pi}} - f(y)\right];$$

y est ici de la forme (*constante* : $\sqrt{t}$), et, comme $f(y)$ est très petit tant que y a une valeur supérieure à 2, pour les passages très courts, les résultats seront pratiquement les mêmes qu'avec la formule de Nernst; des essais numériques font voir qu'ensuite la courbe it se rapproche beaucoup d'une droite; elle peut s'adapter remarquablement aux expériences, donnant

néanmoins pour t un peu grand des valeurs trop faibles qui exigent l'intervention de l'autre partie du phénomène.

Le véritable avantage de cette conception, c'est qu'elle permet d'expliquer comment le courant doit être plus intense pour être efficace, s'il croît progressivement, au lieu d'atteindre instantanément une valeur constante.

D'autre part, la notion expérimentale, sur laquelle j'ai insisté à diverses reprises, de la vitesse propre du nerf, est ramenée à une finesse de structure, à un Δx qui peut se calculer. On trouve pour cette longueur un ou plusieurs microns, suivant le nerf considéré.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essai de séparation des substances hypertensives de l'urine normale.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **E. Bardier**, présentée par M. Bouchard.

Dans une Note récente nous avons montré que, parmi les matières de l'urine normale solubles dans l'alcool, se trouvaient une ou plusieurs substances organiques très peu dialysables, non retenues par le noir animal, non précipitables par l'acétate de plomb ni par le bichlorure de mercure, qui, injectées dans les veines d'un animal, déterminent en même temps qu'une forte excitation du centre respiratoire une élévation notable de la pression artérielle.

Nous sommes parvenus à séparer ces substances des matières inactives ou antagonistes par le procédé suivant :

1000$^{cm^3}$ d'urine humaine sont additionnés de bichlorure de mercure en poudre jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. On filtre. Le filtrat est traité par l'hydrogène sulfuré pour séparer l'excès de mercure. On filtre. Le liquide filtré est évaporé au bain-marie bouillant jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la capsule qu'une dizaine de centimètres cubes. Ce résidu fortement coloré et fortement acide est traité par 300$^{cm^3}$ d'alcool absolu. On filtre. Le filtrat est évaporé au bain-marie bouillant jusqu'à disparition de l'alcool. Le résidu est alcalinisé d'abord par du bicarbonate de soude en poudre, puis à la fin par un peu de lessive de soude. Ce résidu alcalinisé est épuisé par plusieurs traitements à l'éther. Cet éther décanté est additionné avec précaution d'une solution éthérée saturée d'acide oxalique jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité ou de louche dans la liqueur. On filtre et le résidu retenu par le filtre est desséché à basse température sur l'acide sulfurique. Ce résidu très peu abondant et à peu près incolore est dissous dans 10$^{cm^3}$ d'eau distillée (liqueur A).

L'éther filtré est évaporé à basse température et le résidu repris par 10^{cm^3} d'eau (liqueur B).

Si l'on injecte 5^{cm^3} de A dans les veines d'un chien, quelques secondes après l'injection on observe une forte excitation du centre respiratoire et en même temps une élévation durable et intense de la pression artérielle qui s'élève de 17^{cm}-18^{cm} Hg à 36^{cm} Hg. Deux nouvelles injections de 2^{cm^3} et de 3^{cm^3} de la liqueur A reproduisent les mêmes effets à l'intensité près.

Par contre, si l'on injecte le liquide B, on n'observe aucune action sur la respiration et la pression sanguine s'abaisse de 5^{cm} Hg. La pression demeure ainsi abaissée pendant une minute, puis se relève et atteint son niveau normal.

On peut donc extraire des urines par l'éther deux sortes de substances :

1° Des substances solubles dans l'éther, mais précipitables par l'acide oxalique qui sont énergiquement hypertensives;

2° Des substances solubles dans l'éther non précipitables par l'acide oxalique, et qui sont nettement hypotensives.

L'action hypertensive de l'extrait alcoolique d'urine nous paraît donc due à la prédominance des effets des substances du premier groupe sur celles du second.

MÉDECINE. — *Epithélioma claveleux et nature parasitaire du cancer.* Note de M. **F.-J. Bosc**, présentée par M. Bouchard.

La *clavelée* ou variole ovine est le prototype de ces maladies que j'ai groupées depuis 1901 sous le nom de *Maladies à protozoaires* ou *Maladies bryocytiques :* variole, vaccine, fièvre aphteuse, rage, syphilis, maladie du jeune chien, *molluscum contagiosum,* cancer de l'homme (¹). Elle en synthétise les symptômes et les lésions, mettant en évidence les liens profonds qui unissent des maladies aussi dissemblables en apparence.

Étudiée plus particulièrement dans ses relations avec le cancer, la clavelée m'a montré qu'*il existe des virus qui provoquent des réactions inflammatoires de type épithélial pur susceptibles de revêtir la forme néoplasique* (²). Le virus

(¹) J'ai montré [*La syphilis* (*Centr. f. Bakter.*, 1906)] que les lésions des trypanomiases sont identiques.

(²) F.-J. Bosc., *Archiv. de méd. exp.*, 1901 ; *Presse méd.*, 14 février 1903 ; *Centr. f. Bakter.*, 1903.

claveleux peut, en effet, donner naissance à un *Épithélioma infectieux aigu :* à ce titre, la clavelée fait entrer le cancer dans le cadre des maladies parasitaires et doit faire penser à l'identité de nature des virus claveleux et cancéreux.

Or, le virus claveleux est un *parasite vrai de la cellule épithéliale,* qui présente une évolution schizogonique avec des formes extrêmement petites, invisibles, à côté de formes volumineuses : il a tous les caractères d'un Protozoaire et mes dernières recherches à l'aide du Giemsa m'ont permis de retrouver, avec des colorations électives, tous les stades que j'avais décrits et de découvrir, en outre, des *formes de conjugaison* (¹).

Les mêmes parasites existent dans les cellules cancéreuses ; j'ai décrit en outre des *formes sporulées,* à kystes volumineux, du parasite du cancer.

Mes recherches actuelles me font affirmer, à nouveau, que les parasites de la clavelée et du cancer sont des Protozoaires qui ne doivent pas être recherchés uniquement sous leur forme dite invisible, mais sous ces formes intracellulaires volumineuses qu'on s'acharne, bien à tort, à considérer comme des produits de dégénérescence.

La connaissance de ces parasites éclaire l'histogenèse du cancer :

Le parasite pénètre et vit dans la cellule épithéliale, en raison de son affinité spéciale, et excite longtemps sa nutrition avant de la tuer ; on a ainsi une prolifération intense de cellules hypertrophiées, qui ont perdu leurs fonctions propres et de plus en plus malades et qui aboutit à une néoformation désordonnée et pénétrante, à une néoplasie vraie. Si le parasite est très virulent (clavelée), la néoplasie a une édification rapide, mais ses cellules sont tuées de bonne heure et le parasite mis en liberté dans le sang, *à l'état nu* (infection générale), va faire proliférer pour son propre compte l'épithélium de chaque organe ; si le parasite est peu virulent (cancer), la cellule a une longue période d'hyperactivité, n'est tuée que très tardivement à partir du centre, permettant une prolifération périphérique suffisante pour englober les parasites au fur et à mesure de leur multiplication, de sorte que, si la tumeur locale est très volumineuse, l'infection générale (carcinose aiguë généralisée) est très rare.

On peut en conclure : *que toute néoplasie claveleuse ou cancéreuse résulte d'un processus inflammatoire de type épithélial qui représente l'effort défensif de l'organisme pour emmurer le parasite dans son point d'inoculation ou d'attraction* (²) ;

(¹) Les recherches de Prowazeck viennent confirmer les miennes.

(²) La pustule d'inoculation et la pustule de généralisation sont similaires : la première résulte du transport direct exogène du parasite dans un point favorable ; la seconde résulte de l'attraction vers son point d'affinité (épithélium) des parasites libres dans le sang.

que la tumeur cancéreuse n'est qu'une pustule d'inoculation à développement indéfini.

L'*immunité* existe pour la clavelée, non pour le cancer; mais elle n'existe pas davantage pour la malaria ou la syphilis.

La *métastase* n'est pas davantage opposable à la nature parasitaire du cancer :

Toute cellule cancéreuse ayant une hyperactivité durable exclusivement adaptée à la défense contre des parasites déterminés et qui subissent son attraction, si une de ces cellules cancéreuses en karyokinèse et parasitée est emportée dans un ganglion, elle proliférera et englobera les parasites néoformés, mettant à l'abri les cellules propres de l'organe envahi, et produira une tumeur dont le type sera nécessairement celui de la tumeur primitive. La métastase diffère donc *essentiellement de l'infection généralisée : elle n'est qu'une greffe de cellules cancéreuses parasitées.*

La *nature protozoairienne* du cancer est encore affirmée par :

1° L'existence de tumeurs épithéliomateuses provoquées chez certains animaux par les sporozoaires dont ils sont porteurs : ainsi *Coccidium oviforme* produit dans le foie du lapin des lésions, non seulement d'adénome papillaire, mais d'*épithélioma vrai* (biliaire et trabéculaire), et l'on trouve dans ces tumeurs des formes évolutives de C. oviforme identiques aux inclusions du cancer et de la clavelée.

2° L'inoculation de *Monocystis* aux animaux provoque des néoformations dont les cellules renferment des stades évolutifs du parasite en tout semblables aux parasites du cancer et de la clavelée.

Le cancer est donc une maladie infectieuse à Protozoaires. Cette pathogénie m'a permis d'écrire, pour la première fois, un Chapitre d'*hygiène préventive du cancer :*

J'ai montré, avec faits à l'appui, le rôle joué par les animaux porteurs de sporozoaires (poissons, escargots, lapins, insectes), soit directement, soit par l'intermédiaire des poussières, de l'eau, des légumes, ou d'animaux piquants comme les mouches (Congrès de Moscou, 1908), et aussi l'importance du rôle de porte d'entrée joué par les orifices soumis à des traumatismes qui facilitent la pénétration des parasites.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *La septicémie tuberculeuse aiguë du cobaye.* Note de M. André Jousset, présentée par M. Roux.

Quiconque a voulu confirmer un diagnostic de tuberculose humaine par l'inoculation au cobaye s'est heurté à certaines difficultés dont la principale

est la mort prématurée des animaux inoculés avec les produits suspects. Le plus souvent ces décès anticipés qui se produisent en quelques jours privant l'expérimentateur du diagnostic demandé sont attribués à tort ou à raison à une infection aiguë par des microbes associés. Cette explication n'est plus de mise lorsqu'on expérimente non plus avec des humeurs ou des tissus morbides, mais avec des cultures pures de bacilles de Koch. Or, même dans ces conditions peuvent survenir des décès précoces qu'ont met alors sur le compte d'une intoxication.

En cherchant à élucider le mécanisme de ces morts inexpliquées nous avons vu qu'on pouvait à cette notion tout hypothétique d'intoxication substituer bien souvent la notion d'infection aiguë par le bacille tuberculeux lui-même.

Lorsqu'on pratique simultanément chez un grand nombre de cobayes une inoculation sous-cutanée de bacilles de provenance humaine prélevés sur une culture, la maladie expérimentale peut évoluer chez ces animaux suivant divers modes. C'est d'abord la forme nodulaire commune à marche chronique dite encore *type Villemin*, de beaucoup la plus fréquente, où les lésions bien visibles commencent par une adénopathie caséeuse satellite pour finir dans un délai de 2 à 7 mois par une éruption de tubercules généralisée à tous les viscères.

Puis une forme subaiguë sur laquelle M. Arloing attirait récemment l'attention, qu'on pourrait encore appeler *forme discrète*, *occulte* ou *histologique* de la tuberculose expérimentale, qui n'est en réalité que la forme précédente inachevée, où les lésions simplement ébauchées dans les ganglions et les viscères ne sont décelables qu'au microscope. Elle tue les animaux en quelques semaines. Cette forme est bien moins fréquente que la forme classique.

Enfin quelques rares animaux meurent plus rapidement encore, parfois en quelques jours avec un amaigrissement des plus marqués pouvant atteindre 45 pour 100 du poids initial. A l'autopsie, nulle lésion spécifique, ni chancre ni altération ganglionnaire ou viscérale, visible à l'œil nu ou au microscope; la rate n'est même pas très tuméfiée; il y a bien quelquefois une hémorragie péritonéale dont le point de départ semble être le foie; on peut aussi trouver de la congestion pulmonaire sous forme de placards ou de taches disséminés sans ordre; mais ces faits sont inconstants et paraissent en tous cas insuffisants à expliquer la mort. Ce qui constitue le fait essentiel et inattendu c'est la présence chez la plupart de ces animaux de bacilles de Koch dans le sang.

Cette bacillémie est d'ailleurs assez pauvre; elle n'en est pas moins suffisante, croyons-nous, à donner la clef des accidents mortels. Ajoutons qu'elle n'est pas seulement cadavérique; on la trouve également du vivant de l'animal, souvent dès les premières heures qui suivent l'inoculation sous-cutanée. On peut presque la prévoir en présence d'une cachexie rapide des animaux. Tout amaigrissement dont le taux quotidien atteint ou dépasse 2 pour 100 du poids initial doit la faire soupçonner et inciter à sa recherche.

Pour effectuer celle-ci, nous utilisons les méthodes d'investigation bactérioscopique suivantes :

Si le sang est coagulé, le caillot est examiné par *inoscopie*. Lorsque le sang est liquide, circonstance plus favorable, nous en prélevons $0^{cm^3},5$ qui sont immédiatement mélangés à 10^{cm^3} ou 12^{cm^3} d'un liquide chlorhydro-alcoolique :

Alcool à 25°	500^{cm^3}
HCl à 22° Baumé	1^{cm^3}

dans lequel la dissolution des globules rouges et du protoplasme des globules blancs s'effectue parfaitement sans le moindre précipité albumineux et sans altération des bacilles. On retrouve aisément ceux-ci après centrifugation du mélange et double coloration du culot de centrifugation au milieu des noyaux leucocytaires.

Le contrôle par l'inoculation démontre bien qu'il ne s'agit pas de pseudo-bacilles tuberculeux. Il doit être pratiqué suivant le mode sous-cutané chez plusieurs cobayes et à des doses diverses. Par ce passage, on obtient soit une nouvelle septicémie aiguë sans lésion, soit une tuberculose nodulaire, mais à marche rapide avec des lésions viscérales et, en particulier, de la pneumonie caséeuse.

Telle est cette infection aiguë du cobaye par le bacille tuberculeux humain qui nous paraît avoir été méconnue jusqu'ici. Elle rappelle, par certains côtés, l'infection que provoquent le bacille aviaire et les bacilles homogènes de MM. Arloing et P. Courmont, infection désignée sous le nom de *type Yersin*, bien que dans ce type morbide on ait jusqu'ici surtout décrit des lésions viscérales légères, des abcès sous-cutanés au point d'inoculation, en somme, des cas de tuberculose discrète et subaiguë plutôt que des septicémies aiguës pures. Mais l'analogie est grande et peut fournir un nouvel argument aux partisans de l'unicité des deux races de bacilles.

Le déterminisme de cette variété de septicémie nous a jusqu'ici échappé. Elle s'observe inopinément, par séries, avec la plus grande irrégularité, même lorsqu'on opère avec la même souche de bacilles et des cobayes de même provenance et de même âge. Telles inoculations nous ont fourni

pour 100 animaux jusqu'à 15 morts par septicémie aiguë pour 5 inexpliquées, sans septicémie, 22 par tuberculose subaiguë et 58 par tuberculose chronique.

La forte proportion de cas aigus de cette série nous a paru tenir plus au mode d'inoculation qu'au degré de virulence de la culture elle-même ou à une réceptivité particulière des sujets d'expérience.

Il nous a paru, notamment, que les cultures inoculées sous forme d'émulsions fines et stables obtenues par porphyrisation prolongée dans des appareils spéciaux donnaient une grande proportion de résultats positifs.

Ajoutons que nous avons également rencontré cette forme d'infection bacillaire aiguë après inoculation de tissus ou d'humeurs de provenance humaine. Ces faits présentant une certaine importance clinique, il importait, croyons-nous, de signaler cette forme essentiellement dissimulée de la tuberculose expérimentale à l'attention des médecins.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Tubercules et tiges fossiles d'*Equisetum. Note de MM. **P.-H. Fritel** et **René Viguier**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les lignites sparnaciens du département de l'Oise contiennent les restes d'un assez grand nombre de végétaux fossiles; les cendrières des environs de Noyon sont particulièrement riches en petits corps ovoïdes et en fragments de tiges côtelées qui se rencontrent dans les lits marneux désignés par les ouvriers sous le nom de *cordons*.

Ces restes sont entièrement pseudomorphisés par de la calcite, et parfois aussi minéralisés par de la marcassite. Les matériaux dont nous avons entrepris l'étude proviennent pour la plupart de Boucquy et de Muirancourt; ils appartiennent à la collection du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, et nous ont été obligeamment communiqués par M. Haug; d'autres échantillons sont dus aux récoltes de l'un de nous.

L'étude de ces végétaux nous a semblé particulièrement intéressante, car la conservation des échantillons de calcite nous a permis d'en entreprendre l'étude anatomique.

Les petits corps ovoïdes, examinés simplement par les caractères extérieurs, ont été

rapportés par Graves (¹) à l'*Equisetum stellare*, type de la collection de Pomel, qui, d'ailleurs, n'a jamais été décrit ni figuré par cet auteur.

Ces tubercules, de la taille d'une datte, portent à leur sommet la trace d'un petit nombre de folioles disposées en verticille; ils rappellent ainsi le fruit d'une plante à ovaire adhérent couronné par les sépales; aussi Heer (²) a-t-il cru y reconnaître les fruits d'une Rubiacée qu'il nomme *Gardenia Meriani*, et Schimper (³) adopte-t-il cette manière de voir.

L'étude anatomique nous a permis de reconnaître qu'il s'agissait là de tubercules renflés d'*Equisetum* tout à fait semblables par leur structure à ceux des espèces actuelles du même genre : la masse du tubercule était constituée par des cellules parenchymateuses à parois minces, tandis que vers la périphérie se trouvaient un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux entourés chacun par une gaine de cellules endodermiques à cadres épaissis. Ce mode d'organisation est le même que celui décrit par Pfitzer (⁴) et par M. Leclerc du Sablon (⁵) dans les tubercules des *Equisetum* de nos contrées.

Les petites tiges cannelées qu'on trouve dans les mêmes gisements que les tubercules d'*Equisetum stellare* n'ont jusqu'ici fait l'objet d'aucune description. L'examen d'une section transversale de ces tiges permet de les rapporter, sans aucun doute possible, au genre *Equisetum :* on y observe la même écorce pourvue de grandes lacunes, le même endoderme externe formant un anneau festonné, les mêmes faisceaux libéro-ligneux avec lacunes formées aux dépens du bois primaire. L'endoderme interne manque, comme cela s'observe dans un certain nombre d'espèces actuellement vivantes.

Tout porte à croire que les tiges et les tubercules doivent être rapportés à lamême espèce; mais, comme nous n'avons jamais observé de continuité entre ces deux sortes d'organes, nous donnerons à la tige, au moins provisoirement, le nom d'*Equisetum noviodunense*.

(¹) Graves, *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, 1847, p. 708.

(²) Heer, *Flora Tertiaria Helvetiæ*, 1859, p. 103.

(³) Schimper, *Traité de Paléontologie végétale*, t. II, p. 880.

(⁴) Pfitzer, *Ueber die Schuzscheide der deutschen Equiseten* (*Pringsh. Jahrb.*, 1867, t. VI, p. 335).

(⁵) M. Leclerc du Sablon, *Sur les tubercules des Equisétacées* (*Revue générale de Botanique*, 1892, t. IV, p. 97).

L'intérêt de cette Note est de préciser l'existence du genre *Equisetum* à l'époque sparnacienne en faisant connaître la structure de tubercules et de tiges d'espèces qui semblent identiques aux espèces actuelles par leur organisation et par leur mode de vie.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Utilisation des failles pour la détermination de la densité moyenne de la Terre.* Note de M. A. **Berget**, présentée par M. Deslandres.

On sait que la détermination de la densité moyenne de la Terre, détermination qui revient à celle de la constante K de la gravitation, peut se faire par des méthodes diverses : les unes sont des méthodes de laboratoire, comme celle de Cavendish, reprise et perfectionnée par Cornu et Vernon-Boys; les autres sont des méthodes qu'on peut appeler *géographiques* et utilisent l'attraction produite sur un corps mobile par de grandes masses naturelles, telles que des montagnes de forme et de nature connues. Bouguer et La Condamine ont, les premiers, tenté l'expérience en mesurant la déviation imprimée à la verticale par la masse du Chimborazo, et Maskelyne, plus tard, reprit, en la précisant, cette expérience, utilisant l'attraction du mont Shehallien.

La difficulté, dans ces utilisations des attractions de masses montagneuses, réside dans l'évaluation de la masse attirante, dans la détermination du centre d'attraction, dont la position doit être connue avec exactitude, la force étant en raison inverse du carré de la distance.

J'ai pensé qu'on pourrait, dans certains cas que les géologues signaleront aisément aux physiciens, employer la méthode géographique tout en simplifiant énormément le calcul de la masse naturelle attirante : il suffit, pour cela, d'utiliser les *failles*.

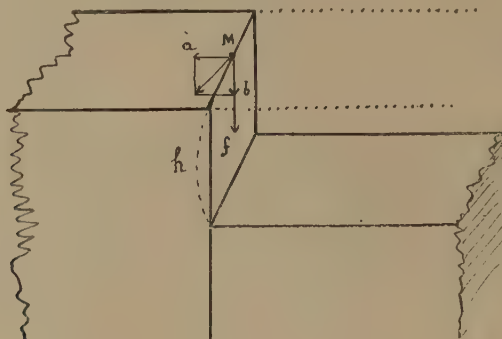
Considérons une faille, ou plutôt la partie émergée, constituée par le *rejet*. Nous pouvons, par la pensée, reconstituer la couche de terrain avant l'abaissement de la partie affaissée : elle formait alors une strate horizontale, d'épaisseur h, de densité Δ; si l'on place un corps de masse M au voisinage du niveau supérieur, assez près de ce niveau pour que sa distance à la surface de la couche soit négligeable par rapport aux dimensions horizontales de celle-ci, nous aurons, pour exprimer l'attraction f de la couche complète sur le corps en question, la formule

$$f = 2\pi \Delta h M \times K. \tag{1}$$

K étant la constante de la gravitation. Cette force est dirigée suivant la verticale passant par le centre de gravité du corps attiré.

Cela posé, imaginons que la moitié de la couche attirante s'affaisse pour constituer la faille, réalisant une cassure dirigée suivant un plan vertical. Supposons le point attiré M placé très près de l'arête supérieure de cette cassure. L'attraction ne sera plus dirigée suivant la verticale du point M, mais bien, par raison de symétrie, suivant une

Fig. 1.



droite bissectrice du dièdre droit ayant pour arête l'arête même de la faille, et sa valeur sera $\frac{f}{\sqrt{2}}$, en supposant que la distance du point M à l'arête soit très petite par rapport à la hauteur h.

Cette attraction se décompose en deux forces, toutes deux égales à $\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{f}{\sqrt{2}}$, c'est-à-dire à $\frac{f}{2}$, l'une horizontale a, dirigée perpendiculairement à l'arête, et l'autre verticale b. Le fil à plomb sera donc dévié d'un angle φ dont la tangente a pour expression le rapport de la force a au poids $P = mg$ du corps M, c'est-à-dire

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{\pi \Delta h \, \text{MK}}{\text{M} g} = \frac{\pi}{g} \Delta h \, \text{K}.$$

On peut ainsi calculer la sensibilité de la méthode. Supposons $h = 100^{\text{m}}$. Prenons pour densité moyenne de la roche, la valeur $\Delta = 2,5$, et admettons pour K la valeur $6,5 \times 10^{-8}$; g est égal à 981^{cm}. On a alors

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{3,14 \times 2,5 \times 10000 \times 6,5}{981 \times 100000000},$$

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{1}{192000}.$$

L'angle α a donc une valeur légèrement supérieure à $1''$, pour une faille dont

le rejet aurait une hauteur verticale de 100^m, ce qui donnerait un peu plus de 5″ pour une faille de 500^m de hauteur (il en existe de cette importance).

Or cette sensibilité de 5″ d'angle est précisément celle qu'avait obtenue Maskelyne dans sa célèbre expérience du mont Shehallien, puisque la somme des deux déviations observées au nord et au sud de la montagne était de 11″. La montagne exerçait donc sur la verticale une déviation de 5″,5.

Cette déviation peut se déterminer par l'observation de la latitude à l'aide d'un instrument méridien, comme l'avaient fait Bouguer et Maskelyne lui-même. Mais les longs calculs de cubature et de prospection de la montagne, calculs qui, pour l'expérience de Maskelyne, demandèrent trois années de travail au géologue Hutton, sont, comme on le voit, extrêmement simplifiés par cette méthode. C'est ce qui m'a déterminé à la publier.

OCÉANOGRAPHIE. — *Étude des fonds marins de la baie de la Seine.* Note de M. J. THOULET.

M. l'ingénieur hydrographe en chef de la Marine Driencourt a effectué pendant l'été de 1907, dans la baie de la Seine, une série de sondages et recueilli ainsi un nombre assez considérable d'échantillons de fonds sous-marins dont il a bien voulu me confier l'étude. Je m'en suis servi pour dresser la Carte lithologique détaillée de cette région.

On peut résumer cette lithologie de la façon suivante :

Les fonds de la baie de la Seine sont formés de minéraux provenant de la côte crétacée s'étendant au nord-est du Havre vers l'embouchure de la Somme et au delà, de la côte occidentale depuis la rive gauche de la Seine, le long du Calvados, de la presqu'île du Cotentin et de la Bretagne, et enfin de la Seine elle-même. Ils sont distribués sur le fond par les mouvements très complexes des eaux et les remous auxquels donnent lieu ces mouvements.

Les sédiments sont assez uniformes comme nature sinon comme dimensions. Ils sont constitués par des graviers et par des sables avec une quantité de vase faible en réalité et qui semble beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est réellement. Très noire, d'odeur infecte, elle est apportée par la Seine et elle est le résidu des égouts des villes de Paris et de Rouen dont la matière organique et le sulfure de fer se sont condensés autour de particules argileuses d'origine continentale qui leur servent de noyaux, tout comme les particules de suie condensent autour d'elles, dans l'air, les

particules de vapeur d'eau pour former certains brouillards. Composée surtout de sulfure de fer, elle contient du phosphore qu'elle apporte à la mer et qui se retrouve, par exemple, dans les formations de fer pisolitique que j'ai signalées au large de Newhaven, dans la Manche, et qui sont analogues aux couches de minerais de fer en grains de la Lorraine (¹). Le fait offre un intérêt pour expliquer la genèse de ces couches riches en phosphore. Les vases se coagulent et tombent sur le fond aussitôt leur contact avec les eaux salées; mêlées aux graviers et aux sables, elles recouvrent le sol sous-marin presque partout et principalement dans les localités de moindre agitation des eaux ou dans les centres de remous. A mesure qu'elles s'éloignent de terre, par réaction de leur sulfure sur le carbonate de chaux dissous, elles donnent naissance à du sulfate de chaux, à de l'oxyde de fer et perdent leur intense coloration noire. Par endroits, elles s'indurent et créent une véritable roche, onctueuse au toucher, noire quoique blanchissant un peu à l'air, à la fois calcaire, sulfureuse, ferrugineuse et argileuse, toute farcie de coquilles moulues. Traitée par l'acide azotique, cette roche fait une vive effervescence à cause des particules calcaires qu'elle contient, laisse un résidu de limonite jaune et, avec le molybdate d'ammoniaque, manifeste la présence du phosphore en quantité très abondante. Cette formation paraît permettre d'ajouter, au mode de genèse connu des nodules phosphatés par accumulation sur le fond de débris d'animaux marins tués par la rencontre d'un courant chaud et d'un courant froid, un second mode dû à l'apport de matière phosphatée d'origine organique par les eaux douces à l'embouchure des fleuves.

Le gravier est disposé de telle sorte que sa proportion varie, par places, de 1500 à 1 pour 100 de sable. Si l'on délimite graphiquement les aires d'égal pourcentage de gravier, on les trouve distribuées en trois zones, de plus de 500 pour 100, entre 500 et 50 pour 100 et moins de 50 pour 100, grossièrement concentriques, la plus riche en gravier formant à une douzaine de milles au large une bande dirigée de l'Est à l'Ouest, à peu près dans le sens et le prolongement du lit de la Seine près de son embouchure. Le gravier contient du silex, des nodules siliceux de la craie, quelques rares fragments de roches vertes d'origine bretonne, des coquilles entières ou brisées avec serpules et bryozoaires, des débris d'animaux divers et des algues calcaires rouges.

Les grains de sable arrivant des trois sources indiquées précédemment : côte Est, côte Ouest et Bretagne et Seine, sont du silex et des nodules siliceux de la côte Est, glauconie assez peu abondante apportée par le fleuve, quartz hyalin et cristallinique très arrondi et par conséquent d'origine lointaine, feldspath très rare, magnétite, grains d'amphibole de Bretagne très attaqués et très fins. En dernier lieu, venant de cette même région et probablement aussi du Morvan par la Seine, à en juger par l'extrême arrondissement et la petite taille de certains de ces grains, tourmaline médiocrement abondante quoique se rencontrant à peu près partout, staurotide, andalousite, corindon (rubis et plus rarement saphir), sphène, zircon assez rare, spinelle et surtout grenat remarquablement abondant, presque autant que dans l'Iroise devant Brest.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXLV, 9 décembre 1907, p. 1241.

D'une façon générale, dans tous ces fonds, la proportion de carbonate de chaux varie de 64 à 4 pour 100 du sable; les zones isocalcaires sont grossièrement parallèles aux zones graveleuses, les plus riches en calcaire étant les plus éloignées de terre.

M. H. Masse adresse à l'Académie un *œuf de poule ayant la forme d'une gourde.*

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 mai 1908.

Aperçu sur les explorations scientifiques des mers et des eaux douces de l'Empire russe, par J.-M. Schokalsky et P.-J Schmidt. (Exposition maritime internationale de Bordeaux, 1907. Section scientifique du Ministère de l'Instruction publique.) Bordeaux, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Grandidier. Hommage de M. Jules Schokalski.)

Le Neptunisme, souvenir des leçons de mes maîtres Daubrée, Hébert, Stanislas Meunier, par A. Labat. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1908; 1 vol. in-8°.

Statistique sanitaire de la France. 1re Partie : *Villes de* 5000 *habitants et au-dessus, année* 1906, 21e année. (Ministère de l'Intérieur. Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques, 5e Bureau.) 1907; 1 vol. in-8°.

Pyrenean Geology, by P.-W. Stuart-Menteath; Parts I-VIII. Londres, 1907; 7 fasc. in-8°. (Adressé par l'auteur, avec 7 opuscules sur le même sujet.)

Die Blindenverhältnisse bei der Lepra, klinische Studien von Dr Med. Leyder Borthen; mit 9 Textfiguren und 74 Photographien. Christiania, 1902; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Over den invloed der zelfinductie in telefoongeleidingen, door Nicolas Koomans. Delft, 1908; 1 fasc. in-8°.

Over de toepassing van de centrifugaalkracht voor de scheiding en zuivering van ertsen en kolen, door Jan Karel Van Gelder. Gravenhage, 1908; 1 fasc. in-8°.

La energie naturali dell' atmosfera terrestre, studi e applicazioni di dinamica corpuscolare del Prof. GIUSEPPE PANZAVOLTA. Forli, 1906; 1 fasc. in-12.

La soluzione dell' immenso problema dell ignoto, per G. BORREDON. Naples, 1906; 1 fasc. in-8°.

Annuaire de l'Université de Sophia, II, 1905-1906. Sophia, 1906; 1 vol. in-8°.

Annaes scientificos da Academia polytechnica do Porto; t. III, n° 1. Coïmbre, 1908; 1 fasc. in-8°.

Bollettino tecnico della coltivazione dei tabacchi, pub. per cura del R. Istituto sperimentale in Scafati; anno VII, 1908, n° 1. Scafati; 1 fasc. in-4°.

M. VLADIMIR AKIMOFF adresse une série de manuels, écrits en langue russe, pour les Écoles industrielles. 4 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 11 mai 1908.)

Page 977, ligne 6, *au lieu de*

Note de MM. H. HENRIET et M. BONYSSY,

lisez

Note de MM. H. HENRIET et M. BOUYSSY.